



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-429-0
DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.2901925061	
CAPÍTULO 2	14
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
DOI 10.22533/at.ed.2901925062	
CAPÍTULO 3	31
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO ₂ E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
DOI 10.22533/at.ed.2901925063	
CAPÍTULO 4	41
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
DOI 10.22533/at.ed.2901925064	
CAPÍTULO 5	47
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925065	
CAPÍTULO 6	60
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
DOI 10.22533/at.ed.2901925066	

CAPÍTULO 7	73
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925067	
CAPÍTULO 8	77
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (<i>NICOTIANA TABACUM</i>) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo	
DOI 10.22533/at.ed.2901925068	
CAPÍTULO 9	85
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski	
DOI 10.22533/at.ed.2901925069	
CAPÍTULO 10	95
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano	
DOI 10.22533/at.ed.29019250610	
CAPÍTULO 11	104
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler	
DOI 10.22533/at.ed.29019250611	
CAPÍTULO 12	117
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250612	
CAPÍTULO 13	126
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
Daniela Cristiano Rufino	
DOI 10.22533/at.ed.29019250613	

CAPÍTULO 14	138
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.29019250614	
CAPÍTULO 15	146
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250615	
CAPÍTULO 16	150
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
DOI 10.22533/at.ed.29019250616	
CAPÍTULO 17	166
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
DOI 10.22533/at.ed.29019250617	
CAPÍTULO 18	183
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
DOI 10.22533/at.ed.29019250618	
CAPÍTULO 19	195
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.29019250619	

CAPÍTULO 20	211
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.29019250620	
CAPÍTULO 21	222
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi	
DOI 10.22533/at.ed.29019250621	
CAPÍTULO 22	238
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria	
DOI 10.22533/at.ed.29019250622	
CAPÍTULO 23	252
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250623	
CAPÍTULO 24	258
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250624	
CAPÍTULO 25	270
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250625	
CAPÍTULO 26	273
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250626	

CAPÍTULO 27	279
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes Jouséberon Miguel da Silva Henrique Lopes Jardim Alaor Afonso Ramos Soares Glaucimar Lima Dutra</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250627	
CAPÍTULO 28	289
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa Humberto Dionísio de Andrade Samanta Mesquita de Holanda Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250628	
CAPÍTULO 29	296
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa Isabela Nascimento Souza Juliana Lisboa Santana Isabelle Maria Duarte Gonzaga Lays Carvalho de Almeida Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Débora da Silva Vilar Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250629	
CAPÍTULO 30	307
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra Emerson Acácio Feitosa Santos João Gomes da Costa Thiago José Matos Rocha Aldemar Feitosa dos Santos Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250630	
CAPÍTULO 31	323
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca Felipe de Lucas Barbosa José Otavio Baldinato</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250631	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	341

CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS

Aline Pereira Gaspar

Pontifícia Universidade de São Paulo (PUC-SP),
Departamento de Engenharia.
São Paulo – SP

Karen Niccoli Ramirez

Pontifícia Universidade de São Paulo (PUC-SP),
Departamento de Engenharia.
São Paulo – SP

RESUMO: A procura crescente pelo desenvolvimento sustentável trará um impacto em todas as esferas da infraestrutura urbana, no entanto, existe uma insuficiência de diretrizes que apontem o modo como o desenvolvimento sustentável deve ser alcançado e como integrar a sustentabilidade de sistemas técnicos de engenharia. A presente pesquisa evidencia os conceitos acerca da Cidade Sustentável em seus aspectos gerais e contextos. Como guia para uma investigação mais aprofundada, é feita uma abordagem da relação das águas com a constituição do tecido urbano e as diversas maneiras que pode ser usada como agente catalizador de transformações ecologicamente corretas. Analisa-se o sistema de infraestrutura hídrica da cidade, que impactam as águas urbanas e sistemas de esgoto. Este sistema interage com uma complexa rede de questões de saúde pública, contextos sociais, culturais e ambientais, e aspectos da economia e técnicas

de engenharia. A partir do levantamento de indicadores e critérios de projetos bem sucedidos de recuperação de águas urbanas, da análise da contribuição e dos efeitos ambientais e da definição dos recursos do sistema de águas urbanas, será possível propor um plano de recuperação de águas urbanas. A partir do estudo dos conceitos que regem o desenvolvimento sustentável e o exame crítico de casos reais, foram avaliadas as consequências de cada plano de transformação e a viabilidade dentro do atual contexto. Espera-se que esta pesquisa contribua com o estabelecimento de diretrizes e planos de ação que poderiam ser tomados nos centros urbanos.

PALAVRAS-CHAVES: Sustentabilidade; cidade; saneamento básico, urbanismo, planejamento.

SUSTAINABLE CITIES: PRACTICES FOR THE RECOVERY OF WATERS

ABSTRACT: The increasing demand for sustainable development will have an impact in all spheres of urban infrastructure; however, there is a lack of guidelines that indicate how sustainable development should be achieved and how to integrate the sustainability of technical engineering systems. The present research will highlight the concepts about the

Sustainable City in its general aspects and contexts. As a guide for further investigation, an approach will be made to the relation of waters to the constitution of the urban net and the various ways it can still be used as a catalyst for ecologically transformations. The aim is to analyze the water infrastructure system of the city, which manages urban waters and sewage systems. This system interacts with a complex network of public health issues, social, cultural and environmental contexts, and aspects of economics and engineering techniques. From the survey of indicators and criteria of successful urban water recovery projects, analysis of the contribution and environmental effects and definition of the resources of the urban water system, it will be possible to propose a water recovery plan. From the study of the concepts that govern sustainable development and the critical examination of real cases, the consequences of each transformation plan and the feasibility within the current context were evaluated. It is hoped that this research contributes to the establishment of guidelines and action plans that could be taken in the cities.

KEYWORDS: Sustainability, city; basic sanitation, urbanism, planning.

1 | INTRODUÇÃO

O meio urbano é o local de vivência da maior fatia da população global ao mesmo tempo em que ameaça os ecossistemas naturais e, conseqüentemente, o futuro da mesma população que abriga. Com a perspectiva de que 75% da população global estarão nas cidades em 2050, a agenda urbana torna-se então, a agenda global. O seu peso demográfico crescente, o consumo de recursos e todos os aspectos da vida urbana geram um grande impacto no planeta. Desse modo, qualquer mudança no consumo de energia nas cidades é capaz de influenciar todo o cenário global (BURDETT, 2011).

Os grandes centros urbanos trazem consigo problemas crônicos como crescimento desordenado, empobrecimento da população, moradias precárias e má gestão de resíduos que permeiam quase que inevitavelmente grande parte dos centros urbanos. Cidades como Bogotá e Cidade do México enfrentam questões graves de escassez de água e altos índices de poluição do ar que as tornam grandes organismos disfuncionais e doentes, não sendo capazes de exercer plenamente seu papel de meio habitável (HUET, 2010).

Neste cenário, o conceito de Desenvolvimento Sustentável, adotado para este artigo é o da Agenda 21, com grande aceitação entre governos nacionais, organizações internacionais, organismos multilaterais e organizações não governamentais. Dentro deste contexto, a teoria de Cidade Compacta surgiu para contrapor o zoneamento rígido de funções e a priorização do uso do automóvel. Esses preceitos têm como resultado um urbanismo disperso e o grande deslocamento das pessoas pela malha urbana para cumprir suas funções ao longo do dia. A Cidade Compacta busca uma alternativa sustentável com o encurtamento das distâncias, a valorização do pedestre

e da bicicleta, a sobreposição de funções com uma cidade mais diversificada e que não permite mais a criação de espaços residuais (ROGERS, 2001).

A área do desenvolvimento sustentável de cidades mostra-se de interesse para a investigação, a educação, e a elaboração de políticas e negócios, tanto no âmbito acadêmico, com a produção e discussão de conhecimento, no setor público, com a formulação de políticas e planejamento, e também no setor privado, com consultorias e empresas que buscam a construção de edifícios, bairros ou cidades inteiras com perfil ecológico.

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar princípios sobre o desenvolvimento sustentável em cidades consolidadas, a partir da análise de instrumentos do planejamento e infraestruturas urbanas que promovam o desenvolvimento sustentável, com um olhar mais atento aos rios e córregos que correm na cidade e que poderiam exercer se protagonismo nessa transformação.

A pesquisa aproxima-se de soluções que permitem à cidade uma gestão mais sustentável de seus recursos, seus rios e córregos, no que tange a aspectos de saneamento básico e controle de enchentes. A partir de soluções técnicas e construtivas, viabilizam-se transformações urbanas que constituem soluções bem sucedidas de intervenções em áreas de risco por meio da implementação de políticas urbanas ecológicas e técnicas de saneamento e tratamento de água.

2 | MÉTODO

Para a elaboração desta pesquisa, foi realizada a identificação e organização do material bibliográfico disponível, livros, sites e revistas, com o intuito de evidenciar os conceitos e estudos de caso relacionados ao tema proposto. Foram feitas pesquisas de campo, com visitas à locais onde a problemática dos rios é latente e locais onde foi possível promover a recuperação dos meios fluviais. Esta fase exploratória de fontes tem o objetivo de embasar o referencial teórico da pesquisa.

A partir desse material, foram levantadas hipóteses de intervenção consideradas viáveis em centros urbanos e suas possíveis aplicações. Todo o processo, desde a análise, levantamento da problemática e apreciação de nova infraestrutura ou requalificação de existentes, teve como fim a elucidação de uma proposta de intervenção dentro da abordagem temática.

3 | DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Iniciativas relacionadas a cidades sustentáveis são tipicamente direcionadas a soluções técnicas para um metabolismo urbano mais eficiente e o impacto dessas iniciativas limitam-se nas fronteiras administrativas. Como resultado, temos apenas parte dos desafios identificados e a origem dessa limitação vem do entendimento equivocado de que as cidades são autossuficientes. Para viabilizar sua existência,

a cidade é dependente de uma rede de outros centros urbanos, a partir da qual os recursos são tomados e para onde seus produtos e resíduos são destinados (ROGERS, 2001).

A partir da conformação da cidade industrial, esta rede se localizava em estreita proximidade com a cidade, no entanto, devido aos processos de urbanização e da globalização, uma parte crescente dos bens consumidos na cidade é produzida mais e mais longe (ROGERS, 2001). Isto significa que os impactos ambientais do consumo ocorrendo em uma cidade estão espalhados por todo o globo, e, conseqüentemente, o impacto ambiental de uma cidade não pode ser delimitado aos seus limites formais. Assim, uma melhor compreensão do conceito de cidades sustentáveis requer uma perspectiva global em que as avaliações de sustentabilidade e desenvolvimento urbano estejam presentes nas conseqüências locais e regionais.

Historicamente, o investimento e desenvolvimento de novas infraestruturas têm levado a melhorias no bem-estar da população e possibilidade de produção de mais riquezas, benefícios trazidos a partir da construção de sistemas de transporte, energia, água e gestão de águas residuais. Como parte disso, as infraestruturas também se tornaram campo possível de criação e desenvolvimento de sistemas mais eficientes para a dinâmica (ROGERS, 2001).

A infraestrutura urbana é, em muitos aspectos, a espinha dorsal da sociedade moderna, sendo elemento polarizador de energia e recursos, a falta de equilíbrio nos investimentos e a ausência de planos a médio o longo prazo, acabaram em muitos casos, arruinando ecossistemas e explorando os recursos naturais de tal forma que ameaçam a existência dessa mesma sociedade moderna.

O desenvolvimento sustentável deve funcionar no mesmo sentido das infraestruturas, desempenhando cada vez mais um papel importante na manutenção e progresso das cidades e tendo o potencial de amparar uma sociedade sustentável na utilização eficiente de seus recursos (HÖJER; WANGEL, 2014).

4 | AGENTE DE TRANSFORMAÇÃO

Dentro de uma visão tão ampla e abrangente trazida pelo termo Sustentabilidade e suas aplicações nas Cidades, e em respeito à complexidade do território, é necessário buscar um olhar mais preciso, observando cada modalidade da infraestrutura urbana separadamente e seu contexto. Sendo assim, essa pesquisa expõe uma modalidade para ser analisada e compreendida de forma mais profunda e que servirá de orientação para uma investigação mais profunda. Por este motivo, retoma-se a análise das metrópoles.

Santos (1999) apresenta o conceito de rugosidade do espaço como a materialização de todos os sistemas implantados no território, enrugando o espaço seria um processo de escritura no território, o qual deixa registros valiosos e propicia a leitura da construção do lugar.

“Chamemos rugosidade ao que fica do passado como forma, espaço construído, paisagem, o que resta do processo de supressão, acumulação, sobreposição com que as coisas se substituem e acumulam em todos os lugares.”(SANTOS, 1999, p.113).

Trazendo este conceito à metrópole, analisar o processo de enrugamento de seu território nos possibilita a interpretação de sua morfologia e o entendimento de suas dinâmicas. O fortalecimento da cidade como metrópole se fez a partir do século XIX, a fim de atender às necessidades exclusivas da industrialização, transformando-a em um artefato técnico.

Contudo, o desenho das principais cidades globais se originou de escolhas que respeitavam as características e geografia do local e desde modo é possível ler essas “rugosidades” a partir do desenho dos córregos e rios urbanos. As bacias hidrográficas em que foram implantadas cidades, suas várzeas e planícies fluviais tornaram-se eixos de desenvolvimento urbano, pois forneciam água em abundância, seus terrenos eram planos e normalmente de baixo custo.

Segundo SARAIVA (1999), essas alterações feitas no leito dos rios tinham distintos propósitos como: navegação fluvial, abastecimento, defesa, proteção contra cheias, dificuldade com a drenagem áreas lineares ou pelo objetivo interesse de alteração de cursos. Os conflitos gerados por estes padrões de intervenção geraram graves consequências e ocasionaram alterações significativas na integridade dos cursos d’água em termos ecológicos. O controle excessivo dos cursos d’água limita, ou até anula, a capacidade natural de regeneração dos ecossistemas. Os efeitos dessas intervenções são o sistema artificial de manejo fluvial, corrupção do seu regime, alterando e destruindo as comunidades biológicas.

As zonas lineares aos cursos d’água possuem fundamental papel para o equilíbrio ambiental, estabelecendo uma paisagem natural e cultural. Entretanto, os rios e córregos que cruzam o meio urbano vêm padecendo de um processo de degradação sucessivo, que é agravado pela precariedade do saneamento básico e poluição ambiental, que trazem como resultado alterações hidrológicas, geomorfológicas, perda da vegetação, e a ocupação irregular de suas margens e várzeas alagáveis.

As intervenções no tecido urbano foram e são, quase primordialmente, norteadas pelo interesse econômico, afirmando condições estratégicas das várzeas, em detrimento de sua conservação, e priorizando os meios de produção. O resultado desse modo de ocupação é uma paisagem árida e pouco comprometida com a qualidade de vida dos que habitam (BARBOSA, 2008).

O século XX trouxe consigo mudanças significativas no modo de produção e, conseqüentemente, transformações no território. As grandes cidades como São Paulo, negligenciaram seus rios, transformando-os em corredores canalizados e submersos, e, carentes de uso, foram esquecidos. Trazendo consigo uma carga histórica e uma potência energética, a recuperação das águas é um instrumento de modificação da cidade, conformando uma nova maneira de projeto, não intervindo no território livre e

em expansão, mas transformando a cidade por dentro, dialogando com o preexistente e sua principal rugosidade: seus rios (GORSKI, 2010).

4.1 Sistema Hídrico

O sistema hídrico urbano fornece água limpa para variados usos, como o consumo de residências, comércio e indústria e é também responsável pela destinação das águas pluviais e de todo o volume de esgoto gerado pela área urbana (IPEA, 2016).

A fragmentação do ciclo da água urbana ocorre a partir da divisão da gestão em setores independentes, como ocorre na maioria das cidades brasileiras, levando à individualização das águas residuais, águas pluviais, e abastecimento de água, sem que as cidades estejam aproveitando as inúmeras ligações que existem entre eles. No caso do abastecimento de água, esta falta de integração leva a oportunidades perdidas como a falta de exploração das águas pluviais como fonte de abastecimento de água para usos não potáveis. E impactos inesperados como a captação excessiva de água de um rio, reduzindo assim a sua capacidade de diluir águas residuais a jusante.

As ligações entre água de abastecimento, águas residuais e das águas pluviais demonstra a influência da gestão da água no ciclo hídrico urbano como um todo. Essa influência de um sistema em outro pode ser negativa, como quando transborda a rede de esgoto combinada com uma grande inundação, mas também pode ser positiva, como quando a reciclagem de água fornece uma fonte adicional de abastecimento de água para uma cidade (BARBOSA, 2008).

Uma abordagem mais sustentável do abastecimento de água não se preocupa com a eficiência e o melhor desempenho dos setores, de modo que essa infraestrutura possa gerar benefícios à cidade. Uma abordagem integrada da água urbana torna mais fácil identificar e explorar estas ligações positivas minimizando as implicações negativas em todo o sistema.

A questão das águas urbanas é um assunto latente nas cidades e é possível verificar suas diversas interfaces nas discussões da mídia e meios acadêmicos. Em setembro de 2016, o Jornal Nexo apresentou um levantamento de todas as ocorrências em que os Municípios brasileiros decretaram Estado de Emergência ou Calamidade. Entre os anos de 2003 a 2015 foram registrados no Brasil 18.692 estados de emergência e 439 estados de calamidade pública, esses fatos abordam desastres como enchentes, deslizamentos de terra, seca e estiagem, entre outros.

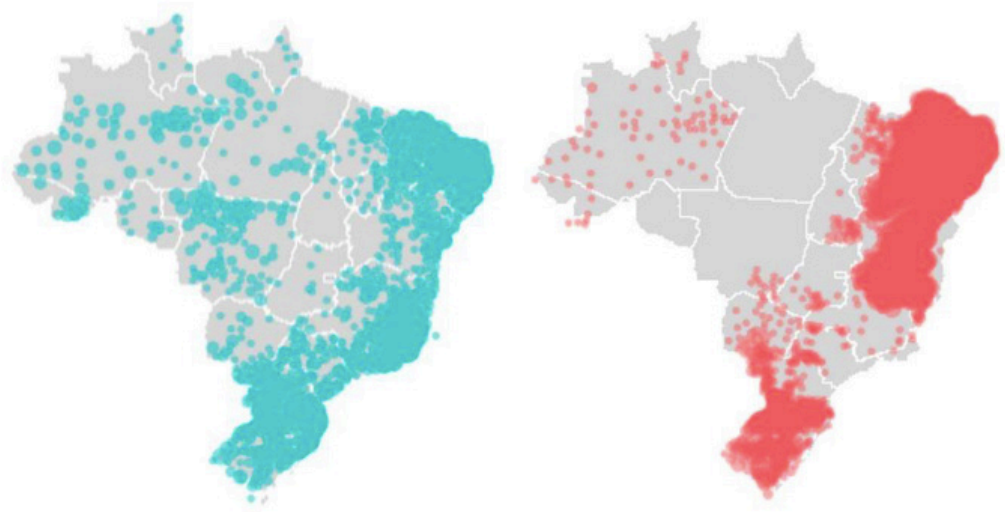


Figura 1 – Ocorrência de enchentes (esquerda) e estiagem (direita) entre 2003 e 2015.

Fonte: ALMEIDA; MARIANI, 2016.

É possível notar a intensa relação entre o Mapa de alagamentos e chuvas decorrentes de precipitações fortes ou prolongadas em locais onde a infraestrutura foi insuficiente para resistir ao excesso de água, e o Mapa de Seca e Estiagem, situações onde a escassez de chuvas por um longo período reduz ou até extingue as reservas hídricas do município, Figura 1 (ALMEIDA, MARIANI, 2016).

Apartir desse cruzamento de informações torna-se evidente que a falta ou excesso de água atingem constantemente as mesmas regiões e municípios, o que evidencia a falta de capacidade governamental no gerenciamento desses recursos. Contudo, parte desse problema vem da falta de legislação específica no país no que tange os recursos hídricos, o que leva a uma situação em que os deveres de gestão não são especificamente designados nas esferas municipais, governamentais e federais.

Poluição, esgoto doméstico e lixo comprometem diariamente a qualidade da água chegando até a inviabilização do seu uso. E mesmo que superada a questão do custo de tratamento, há uma redução na qualidade e quantidade de água a ser distribuída para a população. A regulamentação do uso e ocupação do solo nas cidades brasileiras é atribuição de cada prefeitura do município e a responsabilidade pela delimitação e proteção das bacias hidrográficas fica sobre a guarda do sistema gestor de recursos hídricos. Essa separação no controle desses dois fatores gera divergências e dificulta a sincronia nas ações de prevenção.

A ocupação de várzeas para o estabelecimento das cidades é uma característica particular do nosso modelo de implantação das avenidas, fazendo uso das áreas de fundo de vale para a construção de vias de tráfego. Este padrão convencional de adensado do solo fica sob a vulnerabilidade das enchentes suas consequências (GOUVEIA, 2016).

O problema das cheias urbanas pode ser definido como uma questão de distribuição de espaços na cidade. A impermeabilização do solo ocasionada pela

expansão da mancha urbana provoca o agravamento das cheias locais, em época de chuvas, os cursos d'água aumentam de volume e necessitam, conseqüentemente, de maior espaço para esse transporte. A área preenchida pelo volume de água de um rio é denominada várzea, se a cidade ocupa esse espaço, a água invadirá as áreas urbanizadas. Portanto, para controlar as enchentes deve-se prover a proteção das áreas de cheias dos rios, por meio da preservação das áreas de várzea e estabelecimento de espaços de retenção (GOUVEIA, 2016).

Remover as construções e defini-las novamente como áreas de várzeas é uma medida corretiva muito benéfica sob vários aspectos, uma vez que não foi possível prevenir a ocupação. Porém, em uma cidade adensada e consolidada, seus terrenos possuem altos valores imobiliários, retomar áreas e construir estruturas para armazenar o excesso de água, por exemplo, piscinões, é oneroso ao poder público, muitas vezes inviabilizando sua implementação. O planejamento territorial torna-se ferramenta estratégica para qualquer solução adotada (SILA; PORTO, 2003).

5 | MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO

Para alcançar um bom potencial ecológico dos rios urbanos, é necessária uma nova abordagem para gerenciar e projetar a forma e a função urbana dos cursos d'água. No passado, muitos rios foram estabilizados e endurecidos com concreto e aço para ser um meio navegável ou para proteger os usos urbanos das inundações e da erosão. As margens dos rios foram tipicamente projetadas para propósitos de uso de transportes em detrimento de outras funcionalidades (ROCHA, ALVES, 2004).

Hoje existe um apoio crescente à ecologia e a múltiplos usos, bem como um interesse no uso de "Soft Engineering", ou Engenharia Suave, abordagem que incorpora estudo de inundações, transporte, meio aquático, qualidade da água, recreação e estética. Na engenharia civil de linhas costeiras, a engenharia suave consiste no uso de princípios e práticas ecológicas para reduzir a erosão e alcançar a estabilização e segurança das costas e a área circundante dos rios. Esta modalidade de Engenharia faz uso da vegetação e outros materiais para suavizar a interface terra-água, melhorando assim as características ecológicas sem comprometer a integridade projetada da costa ou das bordas dos rios (JOHNSON, TERESKA, BROWN, 2002).

Os projetos de proteção dos fluxos de água que incluem vegetação satisfazem esses múltiplos objetivos. O ato é necessário para evitar uma simples melhoria mecânica dos rios e está pedindo a "renaturalização" dos rios canalizados dentro de um período de tempo apropriado quando é não é contrário ao bem-estar público. O design do canal natural pode ser realizado com a engenharia de biologia do solo (*soilbioengineering*) a partir de medidas que utilizam uma combinação de material vegetal vivo e meios mecânicos para alcançar funções específicas. Na malha urbana, engenharia de solo é altamente adequado para reconstrução, estabilização, introdução

de características vegetativas e melhorias hidromorfológicas.

A orientação básica de dar mais espaço ao rio também pode ser realizada dentro de alguns esquemas, Figura 2. É necessário espaço livre para construir ilhas, meandros, aumentar largura-variabilidade, para restabelecendo um caráter trançado ou sinuoso, para prolongar o litoral e para permitir o sedimento dinâmica. Áreas maiores não desenvolvidas, adjacentes aos rios e esquemas existentes de sedimentação ou a detenção de inundação pode ser empregada. (ROCHA, ALVES, 2004).

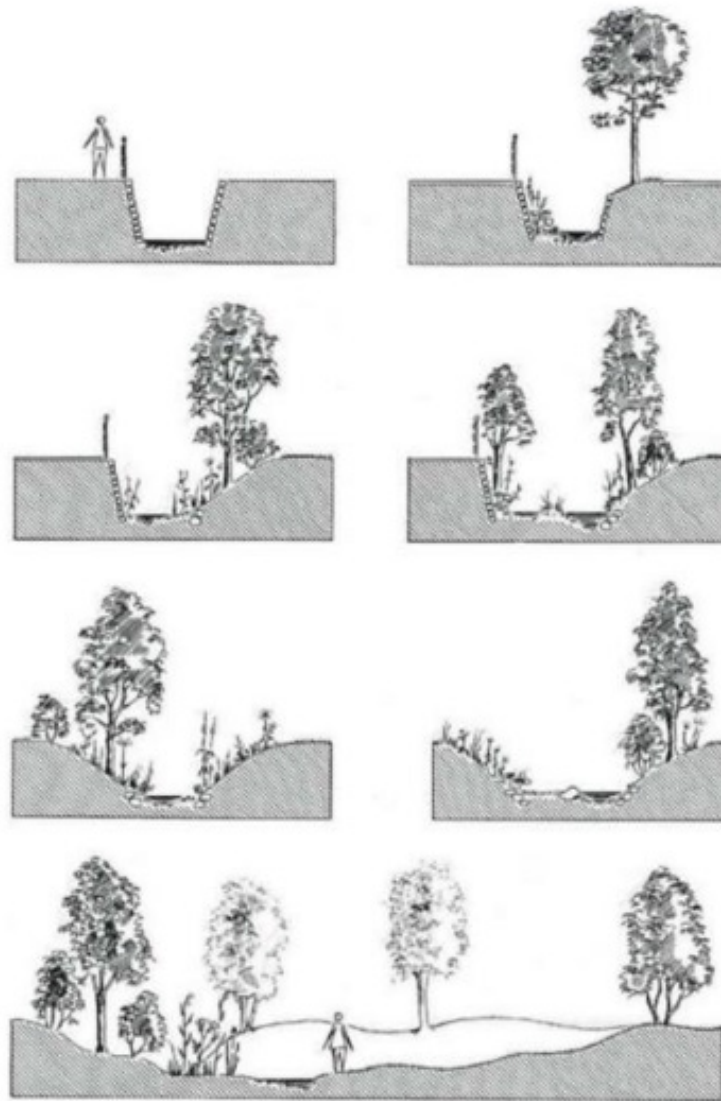


Figura 2 – Diagramas de transformação de perfil regularizado para perfil natural de córregos.

Fonte: BINDER, 1998.

A dinâmica do fluxo e as sequências de erosão e deposição de sedimentos são uma parte essencial do regime de fluxo. Em alguns rios, esses processos naturais podem ser mantidos até certo ponto, a dinâmica de sedimentos e a sucessão da vegetação cria habitats para o desenvolvimento de biológicas diversas. Um conjunto de medidas, descrito em capítulo atual deve ser combinado para alcançar esse objetivo.

Quando a dinâmica de descarga é influenciada por barreiras ou reservatórios

de retenção de inundações, a implantação de estruturas e as medidas operacionais podem ser responsáveis por demandas ecológicas e de proteção reduzindo o volume de inundação, não causando nenhum dano para passar os reservatórios sem retenção, enquanto que apenas o volume de água que flui acima de um ponto crítico será armazenado.

As medidas de proteção para o meio ambiente podem ser agrupadas em três categorias: plantações vegetais, sistemas de bioengenharia do solo e medidas estruturais. Eles são frequentemente usados em combinação (TUTTLE; WENBERG, 2007).

6 | PLANO DE AÇÃO

As propostas relativas à hidrologia e à morfologia devem englobar a recriação de meandros onde for possível, incluindo o tratamento paisagístico das margens, a recuperação dos fundos de vale, a manutenção do traçado original do rio, a ampliação da capacidade de inundação por meio da remoção de sedimentos, a diminuição da velocidade do fluxo aplicando as medidas de remoção do tamponamento do canal, a remoção das paredes de contenção de concreto e a implantação da vegetação ripária. Deve-se considerar a redução do impacto do volume das águas pluviais sobre os leitos dos canais fluviais, por meio dos planos de micro e macrodrenagem e também por meio da construção de bacias ou lagoas de detenção e retenção (URBEM, 2005).

Medidas não estruturais e estruturais não convencionais, tais como: alargamento das várzeas; proteção ou criação de alagados ou banhados; retenção das águas pluviais nas escalas do lote ou bairro, do sistema viário e na expansão das áreas de várzea; aumento de áreas verdes livres e de recreação; racionalização de áreas pavimentadas e aumento da permeabilidade do solo urbano por meio de lagoas ou bacias de detenção, retenção ou jardins de chuva; introdução de biovaletas e redução da velocidade do fluxo das águas pluviais.

Em sua pesquisa Rocha (2016) estabelece a abordagem adequada na requalificação dos cursos d'água. Apresentam-se quatro significados que devem ser elucidados para melhor definição das intervenções. Elas são assim descritas na Tabela 1.

Restauração	Restabelecimento da condição original do curso d'água no tocante às suas características físicas, químicas e biológicas, ou seja, um retorno de cunho funcional e estrutural ao estado anterior à antropização.
Reabilitação	Retorno parcial às condições funcionais e/ou estruturais do estado original ou anterior à degradação do curso d'água ou resgate do equilíbrio funcional.
Renaturalização	Recriação naturalística de um ecossistema fluvial, sem, contudo, restabelecer o traçado original do curso d'água.
Recuperação	Melhoria do estado do curso d'água e seu entorno, tendo como objetivo uma valorização geral das dimensões ecológica, social, econômica e estética.

Tabela 1: Definição das intervenções para requalificação dos cursos d'água.

Fonte: Própria (2019). Baseado em ROCHA (2016).

Em seu estudo sobre rios urbanos, Gorski (2011) indica as definições do plano de ação para tratar qualquer situação de conflito entre metrópole e água. Par isso é necessário analisar princípios gerais que foram observados e extraídos nos planos de intervenção estudados. Classificados em cinco categorias de atuação dos planos de recuperação dos rios urbanos, são elas: Recuperação e Proteção do Sistema Fluvial; Articulação com as Políticas Urbanas; Inserção do Rio no Tecido Urbano; Valorização da Identidade Local; Monitoramento e Gestão

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou envolver os panoramas e as condicionantes que compõem as conformações urbanas e seus sistemas hídricos, e a partir disso, evidenciar caminhos onde o urbanismo sustentável fosse possível. Com o embasamento do repertório teórico e de análises de cidades e formas de gestão urbana, preceitos de projetos e técnicas foram estudados, podendo indicar diversas formas de ação da engenharia que fossem impactantes positivamente ao meio e ao entorno a partir da melhoria na qualidade de vida e coesão social.

As dificuldades que surgiram ao longo do desenvolvimento originaram-se majoritariamente da necessidade de estabelecer parâmetros de análise na condição urbana e sua eficácia. Mais uma vez, é reforçado o acompanhamento técnico dos processos, levantamento de dados e complementação de bases. A dimensão e escala da cidade, ao mesmo tempo que, torna a pesquisa relevante, transforma-a em uma gota, dentro de seu imenso fluxo, tornando ameaçador a delimitação dos limites na busca de informações.

Na abordagem direcionada a bacias densamente urbanizadas, o conceito de integração aplica-se no sentido de combinar diferentes usos, associando horizontalmente distintas ocupações do território. Na questão do manejo de águas

na cidade, a gestão integrada das bacias urbanizadas, na qual os diversos núcleos de administração pudessem conjuntamente gerir os recursos hídricos e seus usos industrial, abastecimento público, esgotamento e drenagem pluvial.

A cidade sustentável coexiste à economia urbana em locais onde se adotem critérios de ocupação e gestão, buscando uma economia intensificada, a exemplo do que se verificou em outras cidades no Brasil e no mundo (HÖJER; WANGEL, 2014).

Para tanto, a necessidade de investir em centros de tecnologia, ciência e inovação nessa área, abrindo novos caminhos de estudo e intervenções nas metrópoles. As questões aqui levantadas podem reverberar em oportunidades de empregos, negócios, e gestão urbana para as cidades, contemplando um futuro condicionado às novas tecnológicas, diminuindo desperdícios e otimizando recursos, reciclando matéria e energia.

É possível vislumbrar para esta pesquisa novos caminhos a serem traçados, como a delimitação de contornos na cidade, onde a partir da teoria levantada, possa-se respaldar conceitualmente, e a partir dos elementos técnicos descritos, possam-se determinar as técnicas e engenharia a serem empregadas. O próximo passo será reduzir a escala para um território local, fazendo da complexidade entre cidade e rio uma nova oportunidade de projeto de transformação e atingindo o nível de redesenho da malha urbana.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rodolfo; MARIANI, Daniel. **Quando e onde acontecem as catástrofes naturais**, Nexo Jornal, São Paulo, 2016. Disponível em: < <https://www.nexojournal.com.br/grafico/2016/09/09/Quando-e-onde-acontecem-as-cat%C3%A1strofes-naturais>>. Acessado em: 04 mar 2017.

BARBOSA, Francisco. **Ângulo das águas: desafios da integração**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

BINDER, Walter. **Rios e Córregos, Preservar - Conservar – Renaturalizar. A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: SEMADS, 1998

BURDETT, Ricky, SUDJIC, Deyan e CAVUSOGLU, Omer. **Living in the endless city**. LSE Cities. Londres: Phaidon, 2011.

GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. 2 ed. São Paulo. Editora SENAC, 2010.

GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Recuperação de rios urbanos**. In: IPPLAP. Piracicaba, o rio e a cidade: ações de reaproximação. Piracicaba: IPPLAP, 2011. Disponível em: < <http://ipplap.com.br/site/wp-content/uploads/2012/08/livropronto.pdf>>. Acesso em: 02 ago 2017.

GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia, A cidade de São Paulo e seus rios: uma história repleta de paradoxos. **Confins Online - Revista Franco Brasileira de Geografia**,. V.27, Jun 2016. Disponível em: <<http://confins.revues.org/10884>>. Acesso em: 1 ago 2017.

HÖJER, Mattias, WANGEL, Josefin. **Cidades Sustentáveis Inteligentes: Definição e Desafios**. Centro de Comunicação Sustentável, KTH Instituto Real de Tecnologia, Suécia, 2014. Disponível em:

www.kth.se/social/upload/Wangel_Smart_Sustainable_Cities.pdf. Acessado em: 07 dez 2016.

HUET, Bernad (Org.). **Os centros das metrópoles: reflexões e propostas para a cidade democrática do século XXI**. São Paulo: Terceiro Nome, 2010.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **O Estatuto da Cidade e a Habitat III : um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a nova agenda urbana**. Org. Marco Aurélio Costa. Brasília, 2016.

JOHNSON, P.A., TERESKA, R.L., BROWN, E.R.. **Using technical adaptive management to improve design guidelines for urban instream structures**. Journal of the American Water Resources Association, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.2002.tb05552.x>>. Acesso em: 26 jun 2017.

ROCHA, João Soromenho. **Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis**. Territorium, Lisboa, 2016. Disponível em: <<http://iduc.uc.pt/index.php/territorium/article/view/3608>>. Acesso em: 27 jun 2017.

ROCHA, João Soromenho; ALVES, Elsa. **New techniques for urban river rehabilitation: How to re-naturalise flow regimes**. LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa, 2004. Disponível em: <<http://www.urbem.net/project-outputs-WP8.html>>. Acesso em: 26 jun 2017.

ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2001.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, 2006.

SARAIVA, Maria da Graça Amaral Neto. **O rio como paisagem: gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, n. 47, p. 129-145, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142003000100007>. Acesso em: 31 jun 2017.

TUTTLE, Ronald W.; WENBERG, Richard D. Streambank and Shoreline Protection. **Engineering Field Handbook** Washington D.C., v. 16, p. 10-58, Dez. 2007. Disponível em: <directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx>. Acesso em: 12 jan 2017.

URBEM, Instituto de Urbanismo e Estudos para a Metrópole. **Best Practice Guidance for Citizen Involvement in River Restoration**. 2005. Disponível em: <<http://ipplap.com.br/site/wp-content/uploads/2012/08/livropronto.pdf>>. Acesso em: 2 ago 2017.

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO

Natalia da Rocha Pinto

Universidade do Oeste de Santa Catarina –
Unoesc
Joaçaba – SC

Elfride Anrain Lindner

Universidade do Oeste de Santa Catarina –
Unoesc
Joaçaba – SC

RESUMO: Realizou-se projeto de sistema de captação, armazenamento e utilização de águas pluviais para propriedade rural (68 ha) em Videira/SC. Há oito edificações rurais (cinco aviários e três granjas de suínos). Considerou-se a precipitação, a área de coleta e a demanda passível de substituição. A precipitação média foi ponderada (Thiessen, área de círculo, raio de 30 km da prefeitura de Videira, *software* AutoCAD), para dimensionamento da cisterna. Mensurou-se a área de telhado disponível para captação da água pluvial, identificando o material das coberturas. A equação de chuvas intensas para Videira/SC resultou em $167 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (uso para dimensões de calhas e condutores verticais). A área de captação necessária é de 3.400 m^2 , atendida pelo telhado de três granjas de suínos. Reduz-se o bombeamento graças ao desnível de 100 m do terreno, das granjas até os aviários. As calhas, total 600 m (100 m cada aba, 3 pocilgas), são em PVC, diâmetro

100 mm; são 30 condutores verticais, ambos os lados. Para economia de bombeamento (motobomba potência de 1 CV ou menos), são previstos três conjuntos, dotados: depósito, com boia para descarte da primeira água da chuva; filtros em fibra de vidro de 1.000 litros e material filtrante (pedra marroada, brita nº 2 e brita nº 1); cisternas, no total de 500 m^3 . O orçamento do sistema em 3 conjuntos totaliza R\$ 228.592,91. A tubulação para condução das águas representa cerca de 30% do valor total da obra. Quanto mais próximos os locais de armazenamento das edificações, mais econômico fica o sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação. Uso de água de chuva. Granjas e aviários.

ABSTRACT: A project for the capture, storage and use of rainwater for rural property (68 ha) was carried out in Videira / SC. There are eight rural buildings (five aviaries and three pig farms). Precipitation, collection area and substitutable demand were considered. The mean precipitation was weighted (Thiessen, circle area, 30 km radius of the Videira prefecture, AutoCAD software), for sizing the tank. The available roof area was surveyed to capture the rainwater, identifying the material of the roofs. The intense rainfall equation for Vine / SC resulted in $167 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (use for gutter and vertical conductor dimensions). The required

catchment area is 3,400 m², served by the roof of three pig farms. Reduced pumping thanks to the 100 m slope of the land, from the farms to the aviaries. The rails, total 600 m (100 m each flap, 3 pigs), are in PVC, diameter 100 mm; are 30 vertical conductors, both sides. For economy of pumping (motor pump power of 1 CV or less), three sets are provided, equipped: tank, with float for disposal of the first rainwater; 1000 litres glass fibre filters and filter material (brownstone, crushed stone # 2 and crushed stone # 1); tanks, totalling 500 m³. The budget of the system in 3 sets totals R \$ 228,592.91. The pipeline for conducting the water represents about 30% of the total value of the work. The closer the storage locations of buildings, the more economical the system becomes.

KEYWORDS: Precipitation. Use of rainwater. Farms and aviaries.

1 | INTRODUÇÃO

O aproveitamento das águas pluviais traz vantagens econômicas e ambientais, pela substituição da água subterrânea, pelo efeito da retenção que diminui os picos de cheia, promovendo a gestão sustentável dos recursos hídricos através do menor consumo de água potável para fins menos nobres.

A captação das águas pluviais pode ser realizada em telhados de casas ou demais construções, utilizando-se de calhas e encanamentos condutores que as direcionam para as cisternas (ou outro tipo de reservatório), onde são armazenadas. Nas propriedades rurais que possuem edificações como aviários, as grandes áreas de cobertura dessas estruturas representam uma boa fonte de captação. O volume dos reservatórios deve ser calculado em função da demanda de água da propriedade.

A viabilidade depende de três fatores principais: precipitação, área de coleta e demanda. Portanto, antes de qualquer dimensionamento, deve-se conhecer os dados de água de chuva para a região, as áreas de captação, bem como suas características, a quantificação da demanda de água passível de substituição nesses empreendimentos rurais, para, posteriormente, ser aferido o volume da cisterna para reservar as águas pluviais por um tempo determinado.

1.1 Justificativa

A elaboração de projetos e execução de sistemas de aproveitamento das águas providas das chuvas vêm sendo procurada por empreendedores rurais que pretendem gerir o consumo de água em suas propriedades.

A implantação de cisternas é opção eficiente para as propriedades rurais que necessitam de grandes volumes de água para abastecer suas culturas ou que enfrentam problemas com a escassez deste recurso, decorrente de estiagens em algumas épocas do ano.

O consumo de água potável nas atividades pecuárias de suinocultura e avicultura é elevado e a disponibilidade de água superficial de qualidade não tem suprido a

demanda. A água de chuva pode e deve ser utilizada e para tanto são necessários projetos para captação, condução, reservação e distribuição. O presente trabalho está voltado a estudar a viabilidade da implantação de cisternas em uma propriedade rural localizada em Videira – SC.

1.2 Objetivos

O objetivo geral foi elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento da água de chuva em uma propriedade rural, visando a gestão dos recursos hídricos.

Os objetivos específicos incluem:

- Processar dados de água de chuva para a região de Videira/SC;
- mensurar as áreas de captação e características das coberturas das estruturas existentes na propriedade estudada;
- quantificar a demanda de água passível de substituição por água pluvial na avicultura e suinocultura;
- definir a localização dos dispositivos do sistema de aproveitamento da água da chuva dentro da propriedade rural;
- realizar o dimensionamento dos dispositivos constituintes do sistema;
- elaborar o projeto do sistema de aproveitamento da água de chuva para a propriedade rural, considerando a oferta de chuva e a demanda necessária;
- efetuar o orçamento para execução do projeto.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Precipitação

Paz (2004, p. 39) descreve que:

[...] os postos pluviométricos registram a precipitação pontual, naquele local onde estão instalados e, devido à variabilidade espacial e temporal da precipitação, as medições em postos geograficamente próximos são distintas. Para os estudos hidrológicos acerca de uma bacia hidrográfica, uma das informações mais imprescindíveis é o regime pluviométrico da região. Uma forma, então, de incorporar as medições pontuais dos postos e espacializar tais informações para a área da bacia é determinando a precipitação média.

2.1.1 Precipitações médias sobre uma bacia hidrográfica

Para calcular a precipitação média numa superfície qualquer, Tucci (2001, p. 193) ressalta que é necessário utilizar as observações dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças. Aceita-se a precipitação média como sendo uma lâmina d'água de altura uniforme sobre toda a área considerada, associada a um período de tempo. Dentre os métodos para determinar a precipitação média numa área, destaca-se o

método ponderado dos polígonos de Thiessen, descrito por Pedrazzi (1999).

2.1.2 Equação de chuvas intensas para a cidade de Videira – SC

Para Collischonn e Tassi (2008, p. 27) “O problema da análise de frequência de chuvas máximas é calcular a precipitação P que atinge uma área A em uma duração D com uma dada probabilidade de ocorrência em um ano qualquer.”

A chuva máxima pode ser determinada conforme a Equação 1 (PEDRAZZI, 1999):

$$i = \frac{K * T^m}{(t + b)^n} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

i = intensidade das precipitações, em mm/h;

T = tempo de retorno em anos;

t = duração das precipitações, em minutos

K , m , n e b = parâmetros a serem determinados para a localidade em questão.

Back (2014, p. 265) apresenta parâmetros para a equação de chuvas intensas da chuva (Equação 1) para Videira com dados de 25 anos (1987 a 2011, sendo que os parâmetros resultam em: $K = 825,4$; $m = 0,154$; $n = 0,700$; e $b = 9,0$. Para o tempo de retorno, Back orienta utilização de 5 anos para espaços cobertos. A duração da precipitação, por sua vez, é de 5 minutos.

2.2 Uso da água da chuva na produção de suínos e aves

Segundo Oliveira e outros (2012) em publicação da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, o aproveitamento da água da chuva é uma ótima alternativa para minimização dos problemas de estiagens em algumas épocas. Porém, deve-se prestar atenção em dois aspectos para a utilização dessa água. Se for utilizada no consumo animal, deve ser analisada e receber tratamento adequado que garanta sua qualidade. Se for utilizada para outros fins seu tratamento é mínimo e não necessita de análise de qualidade.

A captação da água da chuva pode ser realizada em telhados de casas ou demais construções da propriedade, utilizando-se calhas e encanamentos condutores e, logo após, armazenando essa água em cisternas ou outro tipo de reservatório. O volume desses reservatórios deve ser calculado em função da demanda de água na propriedade. As cisternas e reservatórios devem receber os mesmos cuidados exigidos para as caixas d'água, no que se refere a materiais apropriados, limpeza, etc. E é importante que as primeiras águas coletadas da chuva sejam descartadas devido ao fato de arrastarem as impurezas existentes no local de captação (telhados) e encanamentos e, portanto, devem ser desviadas dos locais

de armazenagem por meio de instalação de registros específicos (OLIVEIRA et al. 2012, p. 8).

Nos projetos de cisternas, deve-se identificar o objetivo da coleta da água da chuva. Se for o caso de dessedentação animal, é preciso submetê-la a um sistema de filtração eficiente, constituído de três processos básicos: coleta, filtração e armazenamento. Se o objetivo for o uso doméstico da água, um pré-filtro para a retirada de folhas e detritos é suficiente (OLIVEIRA et al. 2012, p. 11).

2.2.1 Sistema de Coleta

Conforme documento de Oliveira et al (2005, p. 4), o sistema de captação de água pluvial do telhado constitui-se de um conjunto de calhas instaladas nos telhados para recolhimento da água da chuva. O material dessas calhas, quando se trata de edificações para a produção de suínos e aves, aconselha-se, visando a durabilidade, que seja em PVC.

O dimensionamento das calhas, segundo a Oliveira et al (2012, p. 14) deve obedecer a declividade recomendada de 0,5% em direção à saída e podem ser dimensionadas pela Equação 2, chamada de fórmula de Manning.

$$Q = \frac{60000}{n} * A * R_H^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Q = vazão (l/min)

n = coeficiente de rugosidade

A = seção molhada (m²)

R_H = raio hidráulico (m)

I = declividade (m/m)

2.2.2 Sistema de Armazenamento

As cisternas ou reservatórios podem ser construídos com diferentes materiais. Os materiais mais empregados para pequenos volumes de água são construídos em fibra de vidro e alvenaria e para grandes volumes de água em PVC, PEAD ou concreto armado (OLIVEIRA et al., 2012, p. 22).

As cisternas confeccionadas em geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) demandam a escavação e preparação da vala, colocação da geomembrana de PEAD, cobertura em estrutura metálica, proteção das bordas (vala de ancoragem), medidas de precaução quanto ao acesso e cerca em torno do reservatório (GEOSSINTEC, 2017).

Após identificar a demanda de água na produção, calcula-se o potencial de captação de água dos telhados das instalações. Para o dimensionamento do volume total da cisterna, Oliveira et al. (2012, p. 28) define o que segue:

- Área de telhado disponível para captação da água da chuva: o produtor poderá utilizar a área de telhado dos aviários e/ou das edificações para produção de suínos, ou ainda telhados próximos que permitam a captação da água da chuva. O somatório das áreas será a área total de coleta;

- precipitação média: informação dos dados hidrometeorológicos da região. Para determinar a precipitação média mensal de sua região, é possível utilizar-se de dados dos serviços de meteorologia oficiais e privados, Embrapa, instituições, órgãos e universidades;

- tempo de armazenamento: a cisterna deve atender a demanda da propriedade em função do consumo estimado por um período mínimo de 15 dias;

- fator de evaporação do sistema: considerar um acréscimo de 10% no volume de reserva estimado para compensar a perda por evaporação do sistema.

No dimensionamento em função da demanda de água na propriedade, Oliveira e outros (2012, p. 29) instruem para obtenção do volume necessário da cisterna e a área de telhado necessária para captação através da Equação 3.

$$V_C = (V_D * N_{dia}) + 10\% \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

V_C = Volume da cisterna (m³)

V_D = Volume da demanda de água diária (m³)

N_{dia} = número de dias de armazenagem (15 dias)

10% = acréscimo no cálculo do volume de água em função da evaporação

Após o cálculo do volume da cisterna, Oliveira e outros (2012, p. 30) indicam critérios para a determinação da área de telhado para coleta do volume necessário de água. Do total da água precipitada sobre o telhado, apenas uma parcela é aproveitada, pois há perdas por infiltração, evaporação e respingos. A proporção entre o que escoo e o que é perdido depende de fatores como declividade do telhado, temperatura, vento, impermeabilização, etc. A relação entre a vazão de escoamento e a intensidade média da chuva é dada pelo coeficiente C . Na Equação 4, é utilizado o valor de 1,15, já considerando as perdas de água na precipitação e escoamento que ocorrem no telhado.

$$A = \left(\frac{V_C}{Prec_{período}} \right) * C \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

A = Área total de telhado necessária para captação de água (m^2)

V_c = Volume da cisterna (m^3)

$Prec_período$ = Precipitação pluviométrica média na região de acordo com dados obtidos

C = Coeficiente de escoamento (1,15)

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os fatores considerados referentes à oferta foram: a precipitação média em (mm/d) e a área de coleta (m^2).

Os dados hidrológicos da região em estudo foram processados a fim de determinar a precipitação média do local, pelo método dos polígonos de Thiessen, com auxílio do software AutoCAD®, versão 2015. Utilizou-se a série de dados históricos organizada por Luvizon (2016), definindo como área um círculo (raio de 30 km do ponto de referência central na prefeitura de Videira).

Os dados pluviométricos foram processados em planilha dinâmica Excel.

As granjas de suínos e os aviários foram analisados conforme seu espaço físico e manejo empregado para quantificar a demanda passível de substituição e estabelecer a área de coleta. Foram mensuradas as áreas de telhado disponíveis para captação da água pluvial, o material dessas coberturas, sendo elaborados croquis em AutoCAD®, 2015.

Foi quantificado a demanda a ser substituída por água pluvial no manejo da produção de animais da propriedade estudada. Os dados compilados de temperatura, umidade relativa e consumo de água nas edificações rurais fornecem a demanda real para dessedentação dos suínos e aves e higiene das instalações.

Determinou-se o volume necessário de armazenagem em cisterna e a respectiva localização, aliando oferta com demanda, diminuindo distâncias, para minimizar custos, considerando o sistema com todos os seus componentes.

Foi realizada investigação in loco, para implantação do sistema, definindo a localização das cisternas para armazenamento, o caminhamento a ser percorrido pelas tubulações, a altura manométrica a ser vencida, visando trabalhar o máximo possível com a gravidade, dimensionando condutores, calhas e os reservatórios para compor o sistema.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da propriedade rural

A área de estudo para o aproveitamento da água de chuva é uma propriedade

rural (68 ha) localizada na Linha XV de Novembro, interior do município de Videira, região Meio-Oeste do estado de Santa Catarina.

A propriedade aloja 147.800 animais, distribuídos em oito edificações rurais, sendo cinco aviários (total, 146.000 aves) e três pocilgas, (total, 1.800 suínos).

4.2 Estudo das precipitações na região de videira/sc

4.2.1 Determinação da precipitação média na região de Videira/SC

Para determinação da precipitação média na região de Videira/SC, partindo do ponto de referência locado correspondente à Prefeitura Municipal e da área delimitada pelo raio de 30 km a partir desse ponto, encontraram-se as estações pluviométricas que influenciam na precipitação da cidade, bem como o percentual que essas representam, conforme mostra a Tabela 1.

Código	Município	Latitude	Longitude	Cota (m)	Área (km ²)	% Thiessen
2650019	Lebon Régis	S -26°55'48"	W -50°41'17"	1.000	20,35	0,72%
2651036	Macieira	S -26°46'33"	W -51°15'46"	1.133	286,35	10,13%
2651042	Caçador	S -26°46'00"	W -51°00'00"	960	291,25	10,30%
2651052	Salto Veloso	S -26°54'24"	W -51°24'35"	1.000	315,70	11,17%
2751002	Campos Novos	S -27°22'59"	W -51°12'12"	952	212,76	7,52%
2751004	Joaçaba	S -27°09'32"	W -51°28'54"	560	229,42	8,11%
2751016	Videira (E)	S -27°00'14"	W -51°09'00"	774	656,00	23,20%
2751022	Videira (Irakitan)	S -27°00'42"	W -51°02'22"	-	815,60	28,85%
Total					2.827,43	100,00%

Tabela1 – Estações pluviométricas com área de influência para Videira/SC

Fonte: Luvizon (2016), adaptada pelos autores.

A partir dos dados pluviométricos extraídos do projeto de pesquisa de Luvizon (2016), os pesos das estações envolvidas foram calculados para Videira e obteve-se a precipitação média diária no período de 2005 até 2015.

Em planilha dinâmica, somando as precipitações de todos os dias de cada mês analisado, elaborou-se resumo de dados mensais e anuais, máximas, médias e mínimas precipitações (mm) conforme apresentado na Tabela 2.

Ano	Mês												Total Anual
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
2005	180	34	95	239	212	164	87	136	251	301	96	62	1.794
2006	114	117	178	50	20	61	57	122	125	99	206	179	1.151
2007	150	153	157	199	235	31	200	79	130	224	183	214	1.742

2008	139	104	78	198	61	188	27	100	179	368	192	105	1.633
2009	223	130	60	33	150	74	211	180	325	162	221	144	1.768
2010	275	196	230	304	183	90	114	75	63	168	88	309	1.787
2011	221	292	192	118	61	171	239	251	197	223	71	100	2.036
2012	180	110	49	163	57	133	176	13	62	180	33	219	1.154
2013	139	190	196	87	89	235	92	239	269	155	101	138	1.791
2014	226	177	179	131	183	463	60	101	303	107	199	178	2.129
2015	252	178	130	46	117	187	264	64	293	381	262	245	2.175
Máx.	275	292	230	304	235	463	264	251	325	381	262	309	299
Méd.	180	153	157	131	117	164	114	101	197	180	183	178	155
Mín.	114	34	49	33	20	31	27	13	62	99	33	62	48

Tabela 2 – Precipitações máxima, média e mínima (mm), em Videira/SC

A média anual no período (2005-2015) para Videira é de 1.742 mm. O valor é similar à média anual encontrada por Luvizon (2016) para a Bacia do Rio do Peixe – SC (1977-2015) de 1.729 mm.

Para o período 2005-2015 a média ponderada (Thiessen) é de 155 mm por mês. Observou-se que as épocas com risco de escassez de chuvas é entre os meses de fevereiro e agosto. Observa-se o mínimo mensal de 12,8 mm em agosto, ano de 2012, seguido por 20,3 mm em maio, ano de 2006. O trimestre mais seco em 11 anos foi Junho, Julho e Agosto. A média mínima foi de 48 mm/mês. De setembro a janeiro observa-se precipitação mais regular e abundante. A média máxima anual atinge 299 mm. Verifica-se portanto que há plena disponibilidade de água, porém com distribuição irregular entre os meses, o que confirma a importância da reserva, sendo suficiente o tempo de detenção entre 15 e 30 dias.

4.2.2 Determinação da precipitação máxima na região de Videira/SC

Para o dimensionamento das calhas e condutores adotou-se a precipitação com duração (t) de 5 minutos e tempo de retorno (T) de 5 anos.

A Equação 1 de chuvas intensas de Back e Bonetti (2014) aplicada para Videira resulta na intensidade (i) de 167 mm/h.

4.3 Quantificação da demanda para reserva de água de chuva

Para quantificação da demanda utilizada no manejo de cada edificação rural e passível de substituição por água de chuva foram processadas tabelas de controle do consumo de água, temperatura e umidade relativa utilizadas pelo proprietário para os aviários. Para as granjas de suínos, a demanda foi estimada de acordo com orientações da Embrapa (OLIVEIRA et al., 2012) conforme a idade dos animais.

A demanda de água foi calculada em função do número de animais e respectivo consumo, para a autonomia de um período de 30 dias. O volume necessário resultou

na capacidade de reservação de 500 m³ (Tabela 3).

As granjas de suínos representam 98% da demanda de água e os aviários, 2%. Por lote, os suínos ficam alojados 120 dias e as aves, 28 dias.

O volume total de reservação necessário é de 500 m³, visando atender aos usos não potáveis.

Edificação	Consumo		
	L/lote	L/dia	L, 30 dias
Granjas de suínos	1.629.000	13.575	407.250
Aviários (125 m)	14.962	534	32.062
Aviários (100 m)	18.881	674	60.690
Total	1.662.844	14.784	500.003

Tabela 3 – Demanda de água das granjas de suínos e dos aviários, reservação de 30 dias

4.4 Determinação da área de captação de água de chuva

A partir de visita e medição *in loco*, elaborou-se croqui onde pode-se visualizar as medidas de cada edificação, visando determinar as áreas de telhado disponíveis para captação da água da chuva. A Tabela 4 mostra as áreas e os dados referentes às características dos telhados de cada edificação.

Edificação	Tipo de telha	Inclinação do telhado (°)	Área de telhado (m ²)
Aviário 01	Eternit 5 mm	18,19	1.632,00
Aviário 02	Cerâmica francesa	23,89	1.647,30
Aviário 03	Cerâmica francesa	23,89	1.647,30
Aviário 04	Eternit 5 mm	15,95	2.152,33
Aviário 05	Eternit 5 mm	15,95	2.152,33
Granja 01	Eternit 6 mm	17,46	1.183,20
Granja 02	Eternit 6 mm	17,46	1.183,20
Granja 03	Eternit 6 mm	17,46	1.183,20
Total			12.780,85

Tabela 4 – Caracterização os telhados dos aviários e das granjas de suínos, Videira – SC

A área disponível para captação das águas pluviais é de 12.800 m², confirma-se a viabilidade da implantação de um sistema constituído de cisterna para substituição da água subterrânea por água pluvial no manejo dos animais.

Foi calculado o volume da cisterna em função da demanda mensal através da Equação 3 e a área de captação necessária para armazenar esse volume através da Equação 4. A cisterna deve ter capacidade para 453 m³ de água. A área total de telhados necessária para armazenar esse volume, considerando 155 mm de precipitação mensal, calculada para a região de Videira é de cerca de 3.400 m².

Torna-se viável a instalação de um sistema de cisterna, mesmo sem incluir todas as edificações da propriedade e respectivas calhas para coleta em todas as águas dos telhados, pois a área de captação disponível é maior que a área de captação necessária, calculada em função da demanda no manejo animal.

Propõe-se, em um primeiro momento, o sistema de aproveitamento de água da chuva para a propriedade em estudo, sendo a área de captação suprida pelas três granjas de suínos, que totalizam 3.549,60 m². A cisterna em questão deverá ter capacidade de 500 m³. As calhas que conduziram as águas provindas dos telhados totalizariam 600 m (100 m cada uma das abas das pocilgas), compostas de PVC de diâmetro interno 100 mm. Conforme calculado, haveria necessidade de 30 condutores verticais para uma área de 3.400 m². A fim de padronizar a instalação, define-se a instalação de 5 condutores cada lado das edificações, ou seja, um a cada 120 m de calha.

Esse condutor que recebe as águas das calhas, as conduz para um depósito composto por uma boia que armazenará o volume da primeira água da chuva, necessária para limpeza dos telhados e tubulações. Essa água será descartada, e só a partir de um determinado volume estabelecido pela boia, será transferida a água para os filtros. Os filtros serão compostos por três reservatórios de fibra de vidro de 1.000 litros, composto de material filtrante (pedra marroada, brita nº 2 e brita nº 1), e destes filtros a água passará para a cisterna.

4.5 Concepção do projeto de aproveitamento de água de chuva

Para redução de custos com bombeamento e diminuição da extensão da tubulação optou-se pela divisão do sistema em três conjuntos de cisternas, de acordo com a localização das edificações: 1 (Granjas de Suínos 1, 2 e 3); 2 (aviários 4,5) e 3 (aviários 1,2,3).

Os elementos de cada um dos conjuntos foram dimensionados para propiciar água de chuva para todas as instalações rurais.

O volume de reservação foi recalculado, de acordo com a área de telhado direcionada a cada uma das cisternas e a demanda a ser atendida.

A Figura 1 indica a posição das granjas de suínos e dos aviários na propriedade rural, ilustrando a distância que as separam.



Figura 1 – Distribuição das granjas de suínos e dos aviários na propriedade rural em Videira/SC
 Legenda: Delimitação da propriedade (linha vermelha), edificações rurais (pin amarelo).

Fonte: Google, complementado pelos autores.

Elaborou-se o memorial descritivo contendo as informações referentes às especificações dos materiais e da mão-de-obra. A consulta de preços foi realizada no comércio local da região de Videira/SC.

Para escolher a bomba adequada, consultou-se o catálogo da fabricante Schneider (2017).

4.6 Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva

4.6.1 Conjunto 01

O sistema denominado de Conjunto 01 a ser implantado nas três pocilgas, tem demanda de água de aproximadamente 13.575 litros por dia. Para tanto, tem-se 3.763,80 m² como área de captação disponível, contabilizando as seis águas das edificações. Cada água irá escoar uma vazão de aproximadamente 1.746 L/min.

Definiu-se a utilização de calhas galvanizadas corte 40, de dimensões 10 cm x 20 cm, com declividade de 1,5% ao longo do comprimento. Para conduzir a água das calhas, um condutor vertical de 200 mm de diâmetro nominal suprirá a área de abrangência de cada uma das águas. Os condutores horizontais, por sua vez, serão compostos de tubos de PVC de diâmetro 200 mm, projetados a uma declividade de 1%.

Para suprir a demanda das três pocilgas, armazenando água por um período de 15 dias, detectou-se a necessidade de uma cisterna com volume de 223.987,50 litros, ou seja, aproximadamente 224 m³. Define-se uma área de captação de 3.323,87 m² necessários para abastecer a cisterna.

Sendo assim, para suprir a demanda, é necessário captar as águas de todas as abas das coberturas das pocilgas, totalizando 3.763,80 m³ de telhado.

Para conduzir a água da cisterna até um reservatório na parte superior do terreno, de modo a distribuí-la às edificações, precisa-se da instalação de uma bomba de recalque. A bomba escolhida para o Conjunto 01 é uma motobomba centrífuga monoestágio, modelo BCR, de rotor fechado, com 1 CV de potência, monofásica.

4.6.2 Conjunto 02

O conjunto 02 a ser implantado nos dois aviários de 125 m de comprimento, tem demanda no manejo de aproximadamente 391,51 litros por dia. A área de captação disponível para o Conjunto 02 contabilizando as quatro águas das edificações, totaliza 4.734,84 m². Cada água irá escoar uma vazão de 3.294,66 L/min.

As calhas para escoamento da água captada serão galvanizadas, corte 40, nas dimensões de 10 cm x 20 cm, com declividade de 5%.

Os condutores verticais, por sua vez, devem ser de 200 mm de diâmetro nominal, com velocidade máxima de 2,38 m/s e vazão máxima de 4486,20 L/min, que captará uma área de abrangência de 1.536,40 m². Assim, para uma área de 1.183,71 m² de cada uma das águas, é necessário um condutor de 200 mm de diâmetro nominal.

Já os condutores horizontais serão também de 200 mm de diâmetro, projetados a uma declividade de 4%, de forma a fornecer a vazão de projeto.

Para o Conjunto 02, o volume da cisterna em função da demanda leva em consideração a autonomia do reservatório por 30 dias. Desta forma, o volume necessário para suprir a demanda fica definido em 36 m³. Para suprir a demanda, precisa-se de 370,97 m². Considerando a captação em apenas uma água dos telhados, tem-se 1.183,71 m² de área. Portanto, opta-se por instalar os elementos de captação em apenas uma dessas águas, e, neste caso, já há excesso de água além da demanda exigida, resultando em um reservatório com capacidade de cerca de 160 m³, para 30 dias de autonomia. A fim de diminuir esse volume, considera-se 15 dias de autonomia, obtendo-se, então, uma cisterna de 80 m³.

Para conduzir a água da cisterna até um reservatório na parte superior do terreno, de modo a distribuí-la às edificações, é necessária a instalação de uma bomba de recalque. A bomba escolhida para o Conjunto 02 é uma motobomba centrífuga monoestágio, modelo BC-98, de rotor fechado, com ½ CV de potência, monofásica.

4.6.3 Conjunto 03

O sistema denominado Conjunto 03 contempla os três aviários de 100,00 m de comprimento. Contabilizou-se a área de captação disponível para o sistema de 5.589,60 m². As calhas para essas edificações devem ser galvanizadas, corte 40, dimensões 10 cm x 20 cm, com declividade de 3,5%.

Os condutores verticais para todas as edificações do Conjunto 03 são de 200 mm de diâmetro nominal, com velocidade máxima de 2,38 m/s e vazão máxima

de 4.486,20 l/min, abrangendo uma área de 1.536,40 m² de cobertura. Portanto, é necessário 1 condutor para cada água. Os condutores horizontais serão também de 200 mm de diâmetro, projetados a uma declividade de 2,5%.

Para armazenar as águas necessárias no manejo dos aviários, considerando uma autonomia de 30 dias precisa-se de uma cisterna de aproximadamente 70 m³. Para abastecer esse reservatório faz-se necessário captar as águas de aproximadamente 520 m³. A fim de coletar as águas pluviais de pelo menos uma das águas de cada uma das edificações, contabilizando 2.794,80 m², o excesso de água da cisterna não utilizado no manejo dos animais seria destinado, assim como no Conjunto 02, para fins paisagísticos. Visto que há três grandes açudes nas proximidades dessas edificações, o excesso dessas águas seria conduzido para estes reservatórios de detenção.

A captação de água pluvial em 2.794,80 m² necessita de uma cisterna com capacidade para aproximadamente 200 m³, considerando 15 dias de tempo de armazenamento. Assim como nos demais conjuntos, para conduzir a água da cisterna até um reservatório na parte superior do terreno, de modo a distribuí-la às edificações por gravidade, será necessário a instalação de uma bomba de recalque.

A bomba escolhida para o Conjunto 03 é uma motobomba centrífuga monoestágio, modelo BC-98, de rotor fechado, monofásica, similar àquela do Conjunto 02, porém com 1/3 CV de potência.

4.7 Orçamento do sistema de aproveitamento de água pluvial para a propriedade em estudo

O orçamento foi realizado com consulta de preços na internet e presencial na região Videira (Tabela 5).

Conj.	Demanda, L	Captação, área, m ²	Cisterna, m ³	Custo, R\$
1 Granjas 1, 2 e 3	13.575	3.763,80	225	87.486,74
2 Aviários 4 e 5	534	1.183,71	100	72.300,76
3 Aviários 1, 2 e 3	674	2.794,80	200	68.805,41
Total	14.784	7.742,31	525	228.592,91

Tabela 5 – Orçamento de 3 conjuntos para sistema de aproveitamento da água de chuva em granjas de suínos e aves

A construção do Conjunto 01, que contempla o armazenamento de 225 m³ de água de chuva para reutilização nas pocilgas resultou no orçamento no valor de R\$ 87.486,74. O Conjunto 02, referente ao armazenamento e reutilização de 100 m³ de água pluvial, ficou orçado em R\$ 72.300,76. O Conjunto 03, por sua vez, armazenará 200 m³ de água pluvial ao custo de R\$ 68.805,41.

O Conjunto 3 mostra-se mais econômico, considerando o volume de água armazenado. O Conjunto 2 é o mais oneroso, pois requer maior metragem de tubos condutores da água pluvial para vencer maiores distâncias no terreno. O orçamento

evidencia que a tubulação para condução das águas representa cerca de 30% do valor total da obra.

No orçamento dos conjuntos, a tubulação para condução das águas representa cerca de 30% do valor total da obra. Portanto, quanto mais próximos os locais de armazenamento das edificações, mais econômico fica o sistema.

Para ser utilizada no consumo animal faz-se necessária a cloração da água pluvial coletada. Recomendações para desinfecção, tratamento básico com cloração para possibilitar o uso na dessedentação animal de dosagem do cloro são descritas por Oliveira e outros (2012, p. 33).

5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O projeto de pesquisa em questão contempla o estudo da viabilidade da aplicação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma propriedade rural na cidade de Videira/SC, visando substituir o consumo de água subterrânea, provinda de poço artesiano, utilizada no manejo animal.

Para analisar essa viabilidade, foi visitada uma propriedade semelhante que já utiliza o sistema. No caso dessa propriedade, o funcionamento é satisfatório, sendo que a água reaproveitada já foi utilizada para consumo dos animais e, no momento, para a limpeza geral das edificações. Além disso, em épocas de escassez, a cisterna armazenou uma quantidade de água suficiente para suprir as necessidades do empreendimento.

Para um estudo mais detalhado, foi necessário determinar a pluviometria média da região em estudo. Para tanto, foi estipulada a área de estudo dentro de um raio de 30 km, partindo de um ponto de referência, no caso, a prefeitura municipal de Videira/SC. A pluviometria média foi definida em um intervalo de 10 anos, entre 2005 e 2015. Verificou-se que a região está propícia à secas entre os meses de fevereiro e agosto. Entretanto, a precipitação média anual fica em torno de 2.000 mm, o que é relativamente bom comparado à outras regiões do Brasil, como o Nordeste, que recebe cerca de 500 mm por ano, apenas.

Englobando todo o estudo, conclui-se que seria viável a instalação de um sistema de cisterna na propriedade analisada, mesmo que não contemplasse todas as edificações, ou que não fossem instaladas calhas para coleta em todas as águas dos telhados, pois a área de captação disponível é maior que a área de captação necessária em função da demanda no manejo animal.

Observando a topografia do terreno e a localização dos empreendimentos, para tornar mais exequível, é interessante a construção de dois reservatórios, um armazenando as águas provenientes das granjas e outro das águas provenientes dos aviários, visando a economia de tubulações. É uma medida a ser estudada, comparando os custos necessários para implantação de duas cisternas menores e os

custos de uma cisterna maior contemplando toda a tubulação até as edificações.

O memorial descritivo da obra contém as especificações dos materiais e da mão de obra.

Em resumo, a divisão em três conjuntos: 1 (Granjas de Suínos 1, 2 e 3); 2 (aviários 4 e 5) e 3 (aviários 1, 2 e 3) propicia economia no bombeamento (tipo motobomba centrífuga monoestágio, com potências de: 1 CV (Conj. 1); ½ CV (Conj. 2) e 1/3 CV (Conj. 3).

O conjunto 3 é mais econômico, considerando o volume de água armazenado. O conjunto 2 é o mais oneroso (maior metragem de tubos condutores da água pluvial). A tubulação para condução das águas custa cerca de 30% do valor total da obra.

As cisternas previstas em geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) demandam: escavação e preparação da vala; colocação da geomembrana de PEAD; cobertura em estrutura metálica; proteção das bordas (vala de ancoragem); medidas de precaução quanto ao acesso e cerca ao redor do reservatório.

A modulação em três sistemas reduz custos com tubulação pela redução da metragem e de bombeamento; possibilita a construção independente de cada sistema.

Conclui-se que, quanto mais próximas as unidades (captação, reservação, distribuição e uso) mais econômico o sistema se torna.

Além do menor consumo de água subterrânea, espera-se a economia de energia gasto com motobombas na propriedade.

As atividades de suinocultura e avicultura podem beneficiar-se com projetos de engenharia dimensionados com base em estudos hidrológicos e hidráulicos para o aproveitamento da água da chuva. Há interesse no aproveitamento das águas providas das chuvas por empreendedores rurais que pretendem gerir o consumo de água e gastos envolvidos em suas propriedades.

REFERÊNCIAS

BACK, A. J.; BONETTI, A. V. **Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 260-267, 2014.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Apostila, Porto Alegre: UFRGS - IPH, 2008.

GEOSSINTEC. **Cisternas com geomembrana em PEAD**. Campo Bom, RS. Disponível em: <<http://www.geossintec.com.br/?solucoes=cisterna>>. Acesso em out. 2017.

LUVIZON, Francisco. **Processamento e atualização de dados de precipitação e vazão da bacia do Rio do Peixe – SC (1977-2015)**. 2016. 93 f. ESU II - Curso de Engenharia Civil, Unoesc, Joaçaba, 2016.

OLIVEIRA, Paulo A. V. et al. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. 38 p. (Documentos/Embrapa Suínos e Aves, ISSN 01016245; 157). Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

PAZ, A. R. **Apostila de Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul/RS: UERGS, 2004.

PEDRAZZI, J.A. Facens – **Hidrologia Aplicada**. 1999. Disponível em: <<http://www.facens.br/site/alunos/download/hidrologia>>. Acesso em: 21 de ago. 2018.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Motobombas**. Disponível em: <www.schneider.ind.br/produtos/motobombas-de-superficie/light/centrifugas.../bc-98/>. Acesso em out. 2017.

TUCCI, Carlos Eduardo M. (org.). **HIDROLOGIA: Ciência e aplicação**. 2.ed.; Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO_2 E ADIÇÃO DE MORINGA

Maria Marcyara Silva Souza

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias
Aratuba – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/3693924262332011>
m.yarasilva@yahoo.com.br

Francisco Wellington Martins da Silva

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias
Redenção – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/3948538701008343>
martinswellington29@yahoo.com.br

Antônia Mayara dos Santos Mendes

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias
Pacoti – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5874719583374607>
antoniamayara@yahoo.com.br

Quezia Barboza Rodrigues

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias
Maranguape – Ceará
quezinha_rodrigues@hotmail.com

Juan Carlos Alvarado Alcócer

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), Programa de Pós-graduação, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias
Redenção – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/8172187725052094>
jcalcocer@unilab.edu.br

RESUMO: A escassez de água a cada dia torna-se evidente na sociedade. Usar a água de modo consciente faz-se necessário para que situações extremas possam ser evitadas. O presente artigo tem como objetivo a purificação de água de efluentes de pias e ralos de banheiro, por meio de três processos: A filtração biológica, fotocatálise de dióxido de titânio (TiO_2) e a adição de moringa (*Moringa oleifera*) para o reuso doméstico. A água utilizada para lavar louças/roupas e em banhos em uma residência de Redenção/CE foi capitada e realocada para um filtro biológico onde foram retidos alguns materiais macroscópicos em suspensão (arroz, verduras e outros); Em um segundo estágio adicionou-se, na água filtrada, TiO_2 para a retenção de alguns metais contidos por meio do processo fotocatalítico; Em terceiro momento, nas amostras coletadas, foram adicionada sementes trituradas de moringa. No decorrer do processo de purificação amostras de água foram submetidas à análise laboratorial. Os

dados foram demonstrados no decorrer do trabalho onde sugerem que a cada estágio a água tornava-se mais propícia ao reuso. Este trabalho contribuirá consideravelmente para que as residências da cidade de Redenção/CE possam se apropriar da técnica de purificação apresentada para reutilizar a água de modo sustentável e econômico. **PALAVRAS-CHAVE:** Filtro biológico, processo fotocatalítico, dióxido de titânio (TiO₂), moringa, água.

PURIFICATION OF DOMESTIC WATER USING PROCESSES OF BIOLOGICAL FILTER, PHOTOCATALYSIS OF TiO₂ AND ADDITION OF MORINGA

ABSTRACT: The scarcity of water each day becomes evident in society. Using water consciously is necessary so that extreme situations can be avoided. The present article has the objective of purifying water from effluent from sinks and bathroom drains, through three processes: Biological filtration, photocatalysis of titanium dioxide (TiO₂) and addition of moringa (*Moringa oleifera*) for domestic reuse. The water used for washing dishes and baths in a Redenção / CE residence was capped and relocated to a biological filter where some suspended macroscopic materials (rice, vegetables and others) were retained; In a second stage TiO₂ was added in the filtered water for the retention of some metals contained by the photocatalytic process; Thirdly, in the collected samples, moringa crushed seeds were added. During the purification process water samples were submitted to laboratory analysis. The data were demonstrated in the course of the work where they suggest that at each stage the water became more propitious to reuse. This work will contribute considerably to the residences of the city of Redenção / CE, to be able to appropriate the purification technique presented to reuse water in a sustainable and economical way.

KEYWORDS: Biological filter, photocatalytic process, titanium dioxide (TiO₂), moringa, water.

INTRODUÇÃO

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, portanto, falar da relevância da água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e recursos naturais. Água é fonte de vida.

O Brasil é o país com maior percentual de água doce disponível do mundo, mas atualmente a escassez é uma realidade, devido há alguns fatores como: a má distribuição regional; a poluição causada pelas as ações antropogênicas; a falta de políticas públicas voltadas para conservação dos recursos hídricos e políticas de saneamento básico. Diante dessa problemática novos métodos precisam ser feitos para a purificação e o reuso da água.

Segundo VIERA et al. (2002), a contaminação da água é ocasionada por resíduos comerciais, hospitalares, industriais e domésticos. E isso é um motivo não só de desequilíbrio a biodiversidade, mas também de ameaça à estrutura econômica, social e cultural da sociedade. O desenvolvimento econômico de uma região está diretamente relacionado ao uso consciente da água.

CERQUEIRA et al., (2008, p.12), afirmam que

As águas de qualidade inferior, como as águas residuais, particularmente as domésticas devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos, como a agricultura; assim, uma nova tática de consumo está se desenvolvendo em todo o mundo visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: "o reuso de água". Aproximadamente 500.000 há de terras agrícolas, em cerca de 15 países, estão sendo irrigado com águas residuais domésticas, entre eles Israel que detêm um dos mais ambiciosos programas de reutilização de águas, sendo que 70% das águas residuais do país são reutilizadas para a irrigação de 19.000 ha.

Diante dessa problemática a purificação da água doméstica através do filtro biológico, da fotocatalise do TiO_2 e adição de moringa é uma alternativa eficaz, acessível e econômica para a população de Redenção/CE.

A água pode ser tratada a partir de diferentes enfoques. No presente artigo, optou-se por tratar a água a partir de três processos: a filtração natural, a utilização do dióxido de titânio por atividade fotocatalítica e finalização por meio do emprego das sementes trituradas de moringa. A decisão de abordar a problemática da água emana com meios e alternativas viáveis para evitar a escassez da água e manter sua preservação, evitando desperdícios. As tecnologias para tratamento de água devem proporcionar às pessoas que habitam em regiões carentes de água potável, a possibilidade de sua clarificação, de maneira fácil, autossustentável e a baixo custo.

Assim, a partir dos processos e contexto descritos, o projeto proposto tem como objetivo minimizar impactos ambientais decorrentes do desperdício de água e reutilizar a água que é descartada em pias e ralos de banheiros após um tratamento, em atividades caseiras básicas, como por exemplo, lavagem de roupas, automóveis, calçadas, jardinagem e até mesmo para cozer alimentos.

Por isso, a purificação/tratamento da água pelas etapas descritas tenta garantir uma maior potabilidade de água.

REFERENCIAL TEÓRICO

O processo da filtração natural baseia-se por meio de leitos de areia surgiram a partir da observação da pureza e limpidez das águas subterrâneas e da atribuição dessas características à sua passagem pelos poros naturais (AZEVEDO NETTO, 1987).

O uso de pré-filtros precedendo a filtração lenta deu origem à tecnologia de filtração em múltiplas etapas e tornou este processo uma das tecnologias mais

viáveis, principalmente para pequenas comunidades rurais; assim, novas técnicas de pré-tratamento, como sedimentação simples, usando coagulantes naturais adotadas em conjunto com a filtração lenta, podem flexibilizar ainda mais o emprego desta tecnologia.

O dióxido de titânio ou titânia (TiO_2) é considerado de importância estratégica e está sendo exaustivamente estudado nas últimas cinco décadas, por ser um dos fotocatalisadores mais eficazes para oxidação à temperatura ambiente que muitos produtos orgânicos perigosos e também como um composto atraente para conversão de energia solar. É particularmente utilizado para o tratamento de água não potável funcionando como um filtro que bloqueia a passagens de quaisquer contaminantes. Quando em contato com água e exposto ao Sol ele reage com os hidrogênios não potáveis dessa amostra. E, dessa reação ele produz até 1,53 mm de hidrogênio por litro de água. Desempenhando um papel mais eficaz que outros catalisadores como os de platina. É um fotocatalizador acessível e de baixo custo.

A ação fotocatalítica do TiO_2 pode ser aplicada em diversos campos como purificação do ar, da água, como fungicida, bactericida, vermicida e como agente esterilizador. A atividade fotocatalítica do TiO_2 , nos últimos anos, tem-se tornado cada vez mais atrativa a nível industrial, quando comparada com as técnicas tradicionais usadas para o tratamento de águas e para a despoluição do ar (FELTRIN, 2013).

A moringa (*Moringa oleifera*) é conhecida pelo seu potencial de purificação, provida da Índia e distribuídas em diversos países (DUKE, 1987). Suas sementes são utilizadas para o tratamento químico da água, clarificando e purificando (MORTON, 1991; GALLÃO, et.al. 2006). Atualmente vários estudos são realizados sobre o uso de sementes trituradas de moringa (*Moringa oleifera*) para o tratamento de água a um custo de apenas uma fração do tratamento químico convencional que constituem uma alternativa muito importante. Em relação à remoção de bactérias, reduções na ordem de 90-99% têm sido relatadas na literatura (MUYIBE; EVISON, 1995). Sendo utilizada na região do semiárido do Brasil para o uso doméstico e considerada por alguns autores um excelente microbicida.

Em recentes pesquisas realizadas, Amagloh e Benang (2009) afirmam que as sementes de *Moringa oleifera* contem proteínas com baixo peso molecular e quando seu pó é dissolvido em água adquirem carga positivas que atraem partículas negativamente carregadas tais como, argilas e siltes, formando flocos densos que sedimentam. Os autores afirmam ainda, que o coagulante à base de sementes de moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, sulfato de alumínio.

AMARAL et al. (2006) realizaram experimentos utilizando extratos de sementes de moringa (*Moringa oleifera*) adicionados à água a ser desinfetada por radiação solar em garrafas PET e concluíram que mesmo para valores elevados de turbidez, da ordem de 200 a 250 NTU, foi obtida total inativação de E. coli após 12 h de exposição ao sol.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho montou-se um filtro biológico em uma Residência da cidade de Redenção/CE. Os materiais utilizados foram:

- 2 garrafas pet de 20 L;
- 4 esponjas biodegradáveis;
- 1/2 m de pano;
- 1/2 lata de brita grossa;
- 1/2 lata de brita média;
- 1/2 lata de brita fina;
- 1/2 lata de areia grossa;
- 1/2 lata de areia fina;
- 500g de carvão;
- 3 m de cordão;
- 15 L de água;

Inicialmente foram lavadas a areia, a brita e o carvão, de modo que substâncias contidas no material fossem retidas e não interferissem no resultado final. Nos dois garraões pets de 20 L foram colocados a areia, a brita e o carvão dispostos em camadas alternadas de acordo com o esquema ilustrativo abaixo:

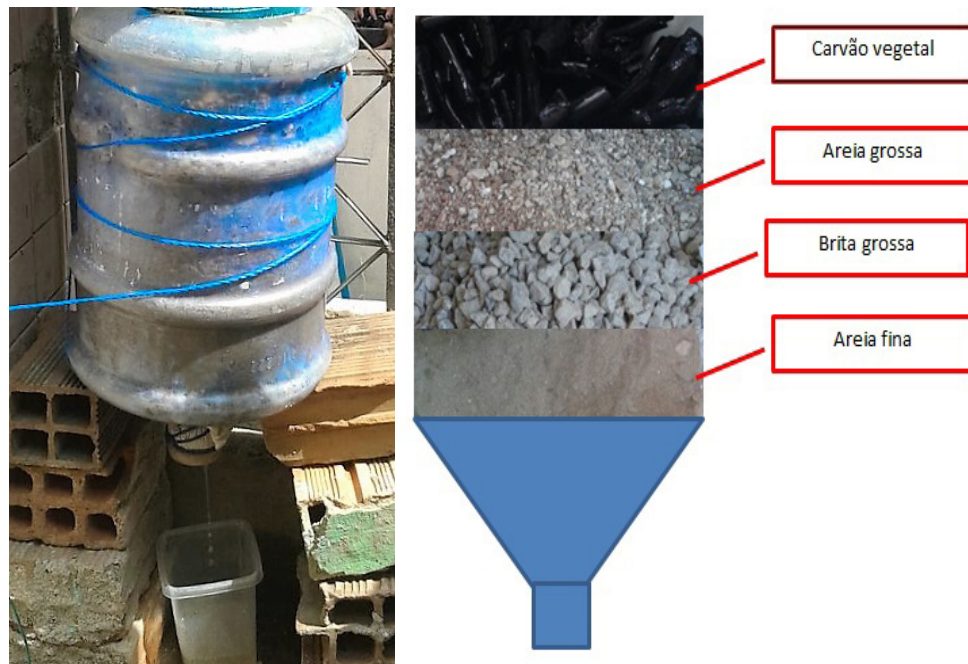


FIGURA 1: Esquema ilustrativo do filtro biológico

FONTE: Próprios Autores

Com essa técnica a água pode ser filtrada e materiais em suspensão foram

retidos no decorrer da filtração.

Inicialmente coletou-se uma amostra de água da torneira na qual foi submetida à análise laboratorial para verificar compostos contido. Fez-se necessário a análise químicas (pH, toxicidade), biológicas (presença de bactérias) e físicas (cor, cheiro, etc.). Foi coletada água de pias e de ralos de banheiros e utilizada na lavagem de roupas e outros onde foi realocada para o filtro biológico no qual foram retidos muitos materiais macroscópicos, ao término da filtração uma amostra de água foi enviada para análise laboratorial.

Na segunda etapa a água retirada do filtro foi encaminhada para um outro recipiente exposto ao sol armazenado em uma garrafa PET 500 mL para um processo fotocatalítico, por meio da adição do TiO_2 . Após a água ficar exposta ao Sol por 30 minutos no recipiente adicionou-se 0,3g de TiO_2 . A partir das amostras foram feitas as análises de condutividade que indicaram metais e sais presentes na água e de pH que determinou-se a acidez e basicidade.

Na terceira etapa foram adicionados as sementes trituradas de moringa após 2 dias da reação fotocatalítica na amostra de água dos efluentes. O pó foi utilizado para facilitar a retenção de metais (ferro) e controlar a acidez da água. Uma quarta amostra foi colhida para análise para verificação final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar a qualidade da água, inicialmente tinham-se intenção de realizar os seguintes testes: condutividade, turbidez e pH das amostras coletas de efluentes do chuveiro e água de pia de uma residência da cidade de Redenção/CE. No entanto não foi possível a análise de turbidez, pois os equipamentos disponibilizados no Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN)/Unilab- não estavam calibrados. E, as análises microbiológicas não foram realizadas por isso não se pode obter exatidão sobre a ingestão da água adquirida pelos processos de filtração e purificação. Dessa maneira os resultados feitos se restringiram aos testes de pH e condutividade das amostras de água extraídas.

O primeiro procedimento de análise foi o pH que é o potencial hidrogeniônico de uma substância indicando sua acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. O valor varia de 1 a 15 definindo os números menores que 7- substâncias ácidas e acima de 7-substâncias básicas. Os valores iguais a 7 indicam neutralidades dos teores ácidos e básicos. A água de qualidade deve está mais próxima de 7. Após a calibração do equipamento e utilizada as soluções tampão de pH=7,00 e pH=4,0.

Constataram-se os seguintes resultados para as análises das primeiras seis amostras:

AMOSTRAS	PROCEDÊNCIA DA ÁGUA	DESIGNAÇÃO	pH	TEMPERATURA °C
1	PIA	Tratada	5,5	22,7
2		Suja	5,5	23,3
3		Filtrada	6,2	23,3
4	CHUVEIRO	Tratada	6,4	23,6
5		Suja	6,8	28,8
6		Filtrada	6,7	23,1

TABELA 1: Análises iniciais da água colhida da torneira e chuveiro

FONTE: Dados do Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) - Unilab

Com base nos resultados pode-se verificar que os valores são todos ácidos. Mas as amostras filtradas pelo processo biológico indicam uma proximidade do valor ideal para consumo, ou seja, com $\text{pH} = 7$.

Para analisar a qualidade da água foram feitos também o teste de condutividade nas. A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade do fluxo de corrente elétrica por meio de metais dissolvidos na água e representa em sua maioria os sólidos dissolvidos, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica. Os valores de condutividade elétrica da água são utilizados há décadas como indicativos da qualidade da água.

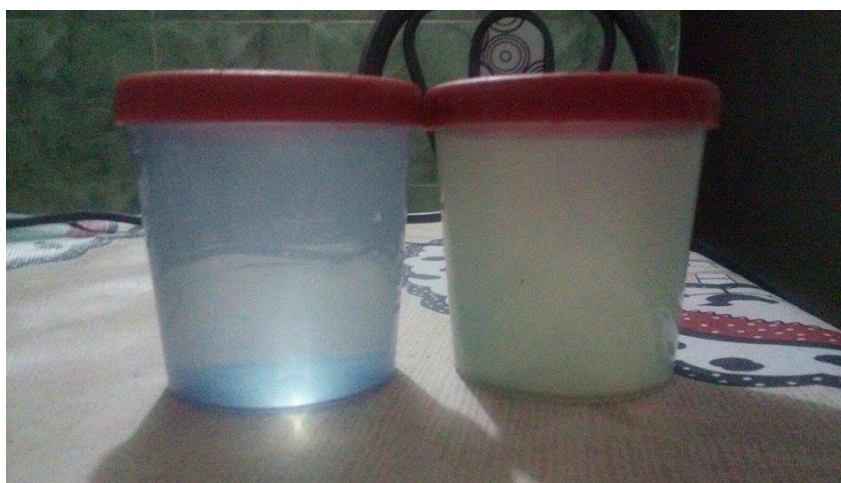


FIGURA 2: Amostra de água retiradas do efluente pia e água após a filtração do filtro biológico

FONTE: Próprios autores

Após a calibração do equipamento em $146,9 \text{ uS/cm}^2$ em uma constante de $0,82$ a célula utilizada foi $0,1$ a 10 . Constataram-se os seguintes resultados para as primeiras seis amostras.

AMOSTRAS	PROCEDÊNCIA DA ÁGUA	DESIGNAÇÃO	Condutividade Elétrica (uS/cm ²)	TEMPERATURA °C
1	PIA	Tratada	276,5	25
2		Suja	309,8	25,5
3		Filtrada	301,7	25,5
4	CHUVEIRO	Tratada	274,3	25,6
5		Suja	317,5	24,5
6		Filtrada	309,9	24,9

TABELA 2: Análises iniciais da água colhida da torneira e chuveiro

FONTE: Dados do Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) - Unilab

A condutividade elétrica indica em seus valores a carga mineral presente na água, a geologia local ou regional. Assim, em formações predominantemente de granito, ou arenitos, a condutividade elétrica é extremamente baixa. Esse tipo de formação geológica não possui sais em sua formação. De forma totalmente contrária, solos de elevada concentração de argilas, os valores de condutividade são bastante altos.

A interferência e necessidade da correção da temperatura é um dos pontos mais críticos da medição da condutividade, sua configuração equivocada pode trazer erros bastante elevados, visto que em condições ambientais normais, a cada grau de temperatura, o erro da medição pode atingir 2% em águas superficiais, e até 6% em águas de condutividade muito baixa, perto da concentração de águas puras.

Como exemplo, o Rio Negro e Solimões, onde em estudos recentes foram verificados valores de 10 uS/cm² e 30 uS/cm² naquelas águas, comprovando que na Floresta Amazônica, o teor de sais nestas águas é bastante baixo. Já em águas de rios do Nordeste e do Sul do país, em razão da geologia local, as condutividades elétricas verificadas naquelas regiões atingem ou superam a marca dos 400 uS/cm².

Nas amostras filtradas pelo processo biológico verificou-se que o nível de condutividade diminuiu evidenciando a redução dos metais dissolvidos. Além disso, os níveis apresentaram em torno de 0-800 mostrando que a água utilizada nas residências da cidade de Redenção/CE provém de rios de água doce.

Após a aquisição das amostras foram feitas três análises da água provida do efluente da água do chuveiro após o banho. E, da quantidade de 500 mL foram realizada três etapas: Filtração biológica, adição do dióxido de titânio por meio fotocatalítico e por fim a moringa. Com base nas análises, obteve-se os seguintes resultados.

ETAPAS	pH	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (uS/cm ²)	TEMPERATURA °C
1 - Filtragem no filtro biológico	6,7	309,9	24,9
2 - Fotocatálise com dióxido de titânio na água	6,3	300,7	35,5
3 - Adição da sementes de moringa (após 10 minutos)	3,3	217,6	25,5

4 - Adição da sementes de moringa (após 4 horas)	5,3	210,6	25,6
---	-----	-------	------

TABELA 3: Comparação da amostra da água do chuveiro nos processos de purificação da água
 FONTE: Dados do Laboratório de Química Geral - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN) - Unilab

Após a filtração verificou-se a que alguns metais dissolvidos na água variaram seu percentual em relação ao inicial. No entanto o percentual de sais, metais argilosos e outros aumentaram, mas foram menores que os das amostras sujas. Supõe-se que devido aos materiais utilizados para a montagem do filtro biológico.

Com a adição do TiO_2 , após o processo fotocatalítico, por meio da análise laboratorial constatou-se a presença do metais Magnésio e Cálcio. O teor de metais, de modo geral, teve uma redução, devido à reação do dióxido de titânio com os hidrogênios “poluídos” que ainda estavam presentes na água e os “purifica” por ação da temperatura. Os metais se reduziram consideravelmente.

Com a finalização do processo (após a adição da Moringa na água retirada do chuveiro) a água estava visivelmente límpida e inodora. A utilização de duas sementes trituradas de moringa fez com que a cor da água ficasse um pouco escura (verde-escuro). Nos primeiros 10 minutos fez-se uma análise do teor ácido o qual aumentou consideravelmente. Mas os metais diminuíram ainda mais.

Ainda na amostra de água com moringa foi realizada outra análise no mesmo dia com 3 horas da adição do pó das sementes, verificou-se que o teor de acidez e a condutividade elétrica diminuíram.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises e comparações, verificou-se no processo de purificação da água que a cada etapa ela tornava-se cada vez mais propícia ao consumo/reuso doméstico, sem a presença de metais nocivos à saúde humana. Diante dos métodos realizados pode se obter alguns resultados fazendo-se uma comparação periódica das análises para verificar a qualidade da água colhida dos efluentes (pia e chuveiro) e uma possível reutilização para atividades domésticas variadas.

A necessidade de desenvolvermos tecnologias de modo a contribuir para a sustentabilidade com o desenvolvimento é de suma importância uma vez que, devem-se criar meios e condições para evitar situações extremas em relação falta d'água.

A economia hídrica é um fator importante para a sustentabilidade e para a conservação da biodiversidade do planeta. É necessário que o uso desse recurso não comprometa a sua qualidade. O reuso é uma maneira de conservar de forma sustentável. O método de purificar a água de uso doméstico pode trazer muitos benefícios ao meio ambiente, aos seres vivos e as futuras gerações.

REFERÊNCIA

- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. **Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification.** *African Journal of Agriculture Research*. v.4, n.1, p.119-123, 2009.
- CERQUEIRA, L. L. et al. **Desenvolvimento de heliconia psittacorum e gladiolus hortulanus irrigados com águas residuárias tratadas.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 6, 2008, p. 606 – 613.
- DUKE, J. A. **Moringaceae:** horseradish-tree, drumstick-tree, sohnja, moringa, murunga-kai, mulungay. In: BENGE, M. D. (Ed.) *Moringa a multipurpose tree that purifies water.* Boston, Science and Technology for Environment and Natural Resources, p.19-28, 1987
- KALOGO, Y.; M'BASSINGUIÈ SÈKA, A.; VERSTRAETE, W. **Enhancing the start-up of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract Moringa oleifera seeds.** *Applied Microbiology Biotechnology*, v.55, p.644-651, 2001.
- MORTON, J. **The horseradish tree, Moringa pterygosperma (Moringaceae) – a boon to arid lands?** *Economy Botany*, v.45, n.3, p.318-333, 1991.
- MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. **Moringa oleifera seeds for softening hard water.** *Water Research*, v.29, n.12, p.1099-1104, 1995a.
- VIERA, S. V. et al. **Valorização do uso da água no trecho da Bacia do Rio Tubarão (Rio Braço do Norte) nos municípios de São Ludegero e Braço do Norte – Sul de Santa Catarina.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (COBRAC), 2002, Florianópolis. Anais. Florianópolis, UFSC, 2002.

DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO

Igor José Langer

Universidade do Contestado, Engenharia Elétrica
Canoinhas – Santa Catarina

Luis Eduardo Palomino Bolivar

Universidade do Contestado, Engenharia Elétrica
Canoinhas – Santa Catarina

RESUMO: Nos dias atuais o consumo de água para muitas das tarefas humanas cresce em ritmo acelerado, com isso a uma necessidade de captar água das mais variadas fontes, como água da chuva. Contudo o bombeamento da água de um terreno menos elevado para outro mais elevado consome uma quantidade considerável de energia. Por este motivo é importante o desenvolvimento de maneiras alternativas para o bombeamento de água e também, que consumam menos energia no processo. A energia molecular pode ser uma saída para este problema, usando a radiação proveniente do Sol, essa energia é captada pelos tubos de Borossilicato, pegando energia essencial para o processo de bombeamento, então o consumo de energia elétrica serve apenas para o controle dos dispositivos envolvidos na plataforma do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Bomba de água; energia molecular; tubos de Borossilicato; MyRIO.

DETERMINATION OF THE PERFORMANCE RAIN WATER RECOVERY SYSTEM USING MOLECULAR ENERGY WATER PUMP AND BOROSILICATE TUBES

ABSTRACT: Nowadays the water consumption for humans' tasks grows fast, this makes a necessity of collect water from diversified sources, like rainwater. However pumping water from a lower ground to a higher ground takes a considerable quantity of energy. For this reason, it is important the development of alternate ways to pump water, and also, make them consume less energy in the process. The molecular energy may be a key to this problem, using Solar radiation, this energy is collected by the Borosilicate tubes, they take this essential energy to the pumping process, so the electric energy could be used just to feed the control devices in the project platform.

KEYWORDS: Water pump; molecular energy; Borosilicate tubes; MyRIO.

1 | INTRODUÇÃO

Recuperar água da chuva tem se convertido em uma opção sustentável para a obtenção de água potável, devido aos altos índices de contaminação de rios e afluentes e os custos de transporte deste recurso. Atualmente

os custos da energia elétrica para levar água de um ponto menos elevado para outro, mais elevado faz com os custos deste tipo de operação sejam maiores, e que não seja atraente em de investimento em motobombas e consumo de energia elétrica envolvidas no processo.

Este projeto consiste em um sistema de recuperação de água com utilização de energia molecular, obtida através da radiação solar incidente nos tubos de Borossilicato, que necessita de energia elétrica exclusivamente para o acionamentos das válvulas que controlam a circulação de água dentro do sistema. Para a aquisição da energia elétrica requerida com a operação das válvulas, podem ser utilizadas painéis fotovoltaicos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Funcionamento

O sistema funciona com base na Primeira Lei da Termodinâmica, que elucida que a energia total de um sistema isolado é igual a variação da energia interna dele, de acordo com a fórmula $\Delta U=Q-W$, em que ΔU é a energia interna do sistema, Q é o calor no mesmo, e W o trabalho que o mesmo realiza. Quando não há variação de energia interna no sistema, mas o calor neste diminui, o trabalho que ele realiza é proporcional à esta diminuição de calor.

A primeira lei da termodinâmica caracteriza a transferência de calor H dentre sistemas que se encontram com diferente temperatura ΔT separada por uma distância Δx com um desempenho dependente do material que separa os sistemas. Assim na equação indicasse a transferência de calor considerando o coeficiente de condutividade térmica do material k e a área A . Para esta expressão, deve ser considerada a área A com uma temperatura homogênea T . (Resnick, 2003)

Os tubos de Borossilicato permitem que a energia solar proveniente da radiação infravermelha seja absorvida no tubos graças ao vácuo que separa a haste com o tubo conforme a Figura 1.



Figura 1 Estrutura do tubo de Borossilicato

Fonte: FIBRATEC (2011)

O vácuo é o melhor isolante térmico devido a ser desprovido de matéria para realizar a transferência de calor assim k na equação é zero, revelando a alta eficiência do sistema de absorção de calor por radiação até a haste através do vácuo.

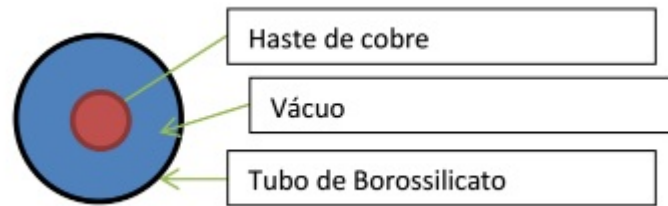


Figura 2 Seção transversal de um tubo de Borossilicato

Fonte: Pesquisa (2016)

No projeto desenvolvido, água aquecida na forma de vapor é injetada num reservatório na parte superior da plataforma do projeto, fazendo com que haja um aumento de calor (Q), e pressão, no sistema e de energia interna (ΔU), nesta etapa o sistema apenas ganha energia. No momento em que há pressão e calor considerados suficientes para o bombeamento da quantidade de água desejada, a válvula 1 (Figura 3) que controla o fluxo de vapor para o reservatório é fechada, e a válvula 2, que possibilita a água a ser bombeada para o reservatório é aberta, permitindo a entrada e o bombeamento de água no reservatório. No instante em que o reservatório se resfriar à temperatura ambiente, a válvula 2 é fechada, e a água bombeada é movida para um outro reservatório e armazenada neste, com a abertura da válvula 3. Após o término desta etapa o processo como um todo pode ser repetido.

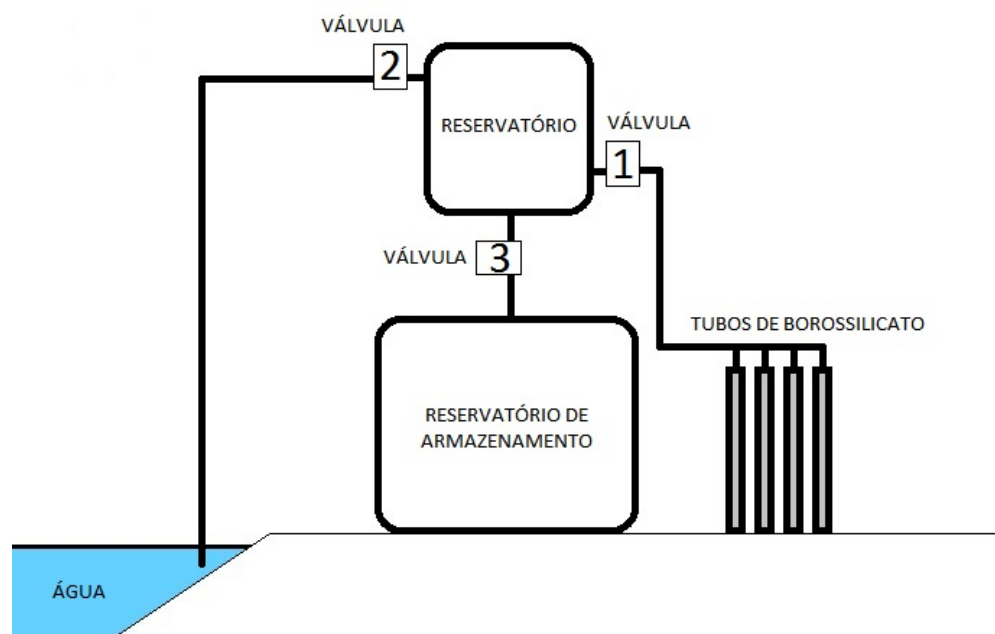


Figura 3 Esquema da bomba de energia molecular

Fonte: Pesquisa (2016)

O emprego de dispositivos renováveis, como tubos de Borossilicato para o aquecimento da água, diminuem o custo do processo de aquecimento da água.

2.2 Controle

O sistema é controlado por um sistema embarcado MyRIO, desenvolvido pela National Instruments, que é programado com a linguagem LabVIEW, também desenvolvido pela National Instruments. Esta linguagem utiliza linguagem de programação gráfica em blocos, facilitando alterações na programação do controlador MyRIO. O mesmo sistema embarcado pode ser controlado à distância, requerendo apenas acesso à uma rede comum de WiFi com o computador que o controla, sendo assim é possível ter controle do sistema com um computador ou dispositivo não instalado no sistema em si, mas em local mais afastado, como uma central de controle.

O circuito envolvido na bomba possui um controlador, fonte de tensão 220V, da rede de distribuição, que alimenta uma lâmpada (a qual indica que há energia no sistema), um sistema embarcado MyRIO (que controla o funcionamento das válvulas envolvidas) e um transformador 220V-110V, que alimenta as três válvulas utilizadas no controle da bomba.

O chaveamento das válvulas é feita por relés (Figura 4 Esquema elétrico do sistema), que por sua vez são acionados pelo MyRIO que é controlado por um computador que executa o LabVIEW.

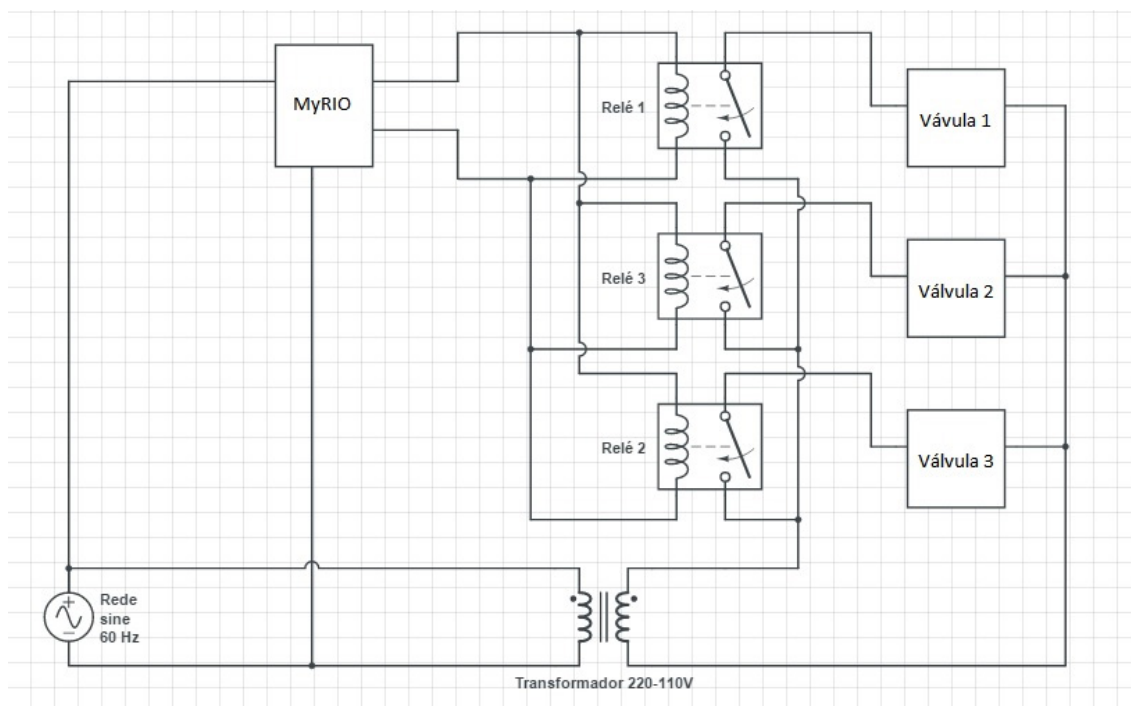


Figura 4 Esquema elétrico do sistema

Fonte: Pesquisa (2016)

A programação do projeto (Figura 5) tem como base de operação, o acionamento manual das válvulas, por se tratar da fase de testes do projeto, que pode ser substituído pelo sistema automático, utilizando o mesmo programa de controle, LabVIEW.

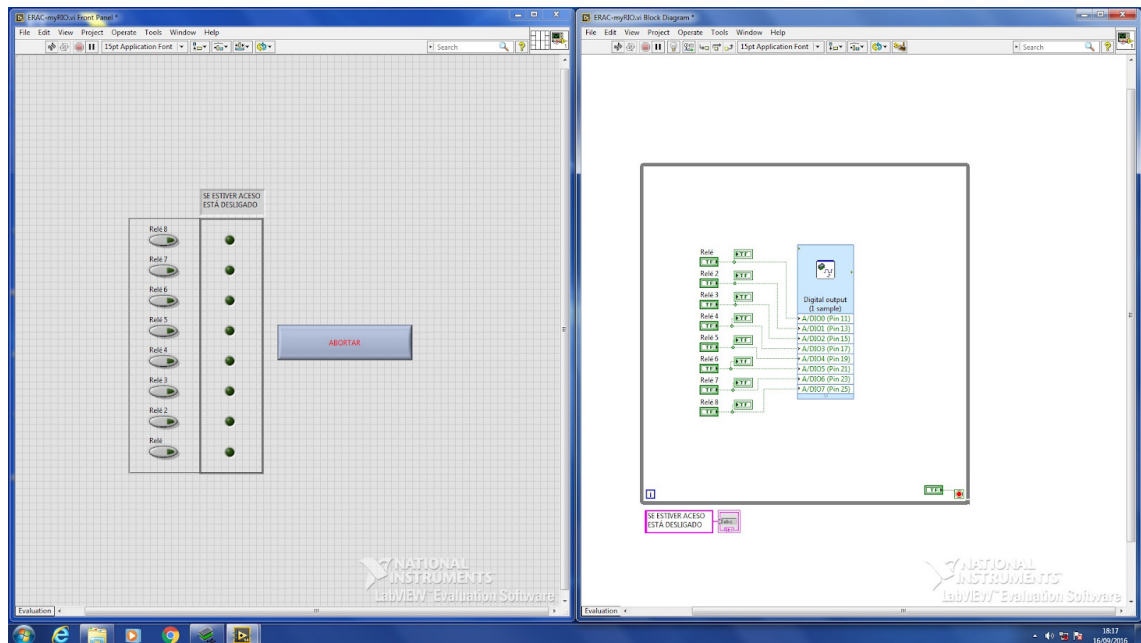


Figura 5 Programa de controle

Fonte: Pesquisa (2016)

Na porção esquerda da Figura 5, está a área de controle com os botões para o acionamento e desligamento dos relés, que controlam os estados das válvulas envolvidas no processo de bombeamento de água. Há oito botões para o controle dos relés e um para a terminar a execução do programa. A porção direita da imagem compreende a programação do sistema de controle, que controla as portas de saída do MyRIO, que estão ligados nos relés.

3 | RESULTADOS E DISCUÇÕES

Testes realizados em laboratório comprovaram a eficiência da bomba, mesmo não tendo sido testada com os tubos de borossilicatos instalados na plataforma da bomba. A água foi aquecida até vaporizar por uma chama, o processo de aquecimento do reservatório leva aproximadamente 45 minutos com esse método de aquecimento, nos primeiros testes foi identificado uma falta de eficiência na instalação das válvulas no reservatório, o tubo que levava o vapor de água para o mesmo, estava situado na porção superior do projeto, como o vapor é menos denso que o ar na temperatura ambiente, a parte inferior do reservatório permanecia à temperatura ambiente durante alguns dos testes, diminuindo a eficácia de bombeamento de água. Após o desligamento da chama, e fechamento da válvula entre o dispositivo onde a água é aquecida e o reservatório, a válvula que liga o local onde a água a ser bombeada

está e o reservatório é aberta, permitindo a passagem de água para o reservatório, a bombeando.

Quando o processo de bombeamento é feito de imediato após um outro bombeamento, este segundo é relativamente mais rápido que o anterior, devido ao sistema como um todo estar mais aquecido.

4 | CONCLUSÕES

Abomba de água da chuva com energia molecular é uma opção para bombeamento de água com um consumo de energia menor que bombas de água elétricas. A mesma pode ser instalada juntamente com painéis solares fotovoltaicos, que faz com que a plataforma se torne auto eficiente. Ela é uma das opções para a coleta de água da chuva de maneira sustentável, requerendo uma quantidade baixa de energia no processo, já que só precisa de energia elétrica para controlar o sistema de válvulas, e o controlador delas, o MyRIO.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade do Contestado - Fundo de Apoio à Pesquisa (FAP-UnC).

REFERÊNCIAS

Resnick, R. (2003). *Física 2*. (P. m. D.Sc, Trad.) Rio de Janeiro: LTC

FIBRATEC (2011). *Coletor solar a vácuo. Catálogo*. Chapecó, Santa Catarina, Brasil.

Lee John F., Francis W. (1969). *Termodinâmica*. Rio de Janeiro: SEDEGRA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). *NBR 6022*: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro.

Botaro, M. (2012). *Instrumentação virtual em laboratório introdução ao LabVIEW*. São Paulo: IEE-USP.

CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO

Thaís Freitas Barbosa

Engenheira de Petróleo – Universidade Salvador
Salvador – BA

Victor Menezes Vieira

Doutor e Mestre em Geologia Ambiental,
Recursos Hídricos e Hidrogeologia - Universidade
Federal da Bahia
Salvador - BA

RESUMO: Na produção de hidrocarbonetos é comum obter uma quantidade significativa de água produzida (AP). O volume dessa água pode superar em dez vezes o volume de óleo produzido. Isto gera uma preocupação, pois a AP apresenta elementos agressivos ao meio ambiente na sua composição. Por isso, ao separá-la do óleo, é preciso encaminhá-la para um tratamento adequado, visando o reaproveitamento ou descarte. Uma das formas de reaproveitamento mais utilizada é a injeção dessa água nos reservatórios de petróleo, com a finalidade de aumentar a produção, técnica conhecida como recuperação secundária. A reinjeção de água é um processo muito utilizado nos poços maduros, como os encontrados na Bacia do Recôncavo, área de estudo deste artigo. Assim, o presente artigo visa apresentar os volumes atualizados de produção de água nesta Bacia, além de descrever os principais destinos da AP.

PALAVRAS-CHAVE: Água produzida; Campos Maduros; Indústria de Petróleo e Gás.

ABSTRACT: In the production of hydrocarbons it is usual to obtain a significant amount of produced water (PW). The volume of this water can overcome in ten times the volume of oil. It causes worries because the PW presents in your composition aggressive elements to the environment. Therefore, when separating it from the oil, it is necessary to reroute it to a suitable treatment, aiming at reuse or disposal. One of the most used ways of reuse is reinject this water in the oil well with the purpose of increase the production, technique known as secondary recuperation. Reinjection of water is a process very used in mature wells, as the ones found in the Recôncavo Basin, the focal area of this article. Thus, this article aims to present the updated volumes of water production in this Basin, in addition to describing the main destinations of the PW.

KEYWORDS: Produced Water; Mature fields; Oil and Gas Industry.

1 | INTRODUÇÃO

O petróleo é a mais importante fonte de energia da atualidade, já que ele é utilizado em diversas áreas como: combustíveis automotivos, matéria prima na fabricação de

plásticos, tintas, borrachas, entre outros produtos e também em usinas termoelétricas. Trata-se de um hidrocarboneto, altamente inflamável, de coloração negra ou castanha clara, sendo a teoria mais aceita para sua formação é a orgânica, na qual vidas de animais e vegetais foram soterradas a centenas de metros de profundidade sob a ação de pressão e temperatura com tempo em escala geológica que converteu o querogênio em hidrocarbonetos (THOMAS, 2004).

O petróleo ou ouro negro, como também é conhecido, é formado nas rochas geradoras e tende a migrar para a superfície, se o óleo encontrar no caminho uma rocha capeadora que impeça sua migração e uma estrutura porosa e permeável que faça seu confinamento, acaba se formando um reservatório de petróleo, no qual os fluidos irão se organizar de acordo com suas densidades (THOMAS, 2004).

Um reservatório pode se apresentar totalmente líquido, totalmente gasoso ou ainda com uma parte líquida e outra parte gasosa dependendo da composição e das condições de pressão e temperatura. A classificação dessas acumulações de petróleo se baseia principalmente no tipo de fluido que é produzido na superfície. O esquema do reservatório mais comum terá a água embaixo, devido a sua densidade ser maior, posteriormente o óleo e o gás respectivamente (ROSA, 2011).

Após a descoberta do reservatório, onde está localizado o petróleo, ocorre a perfuração, a completação, para depois vir a produzir. No início da vida produtiva, normalmente os fluidos nele contidos chegam até a superfície devido à energia do reservatório, produzindo por elevação natural. Mas com o passar do tempo e o aumento da produção, a pressão da rocha porosa declina, sendo a mesma insuficiente para deslocar os fluidos até a superfície precisando de uma elevação artificial. Um dos métodos utilizados para ajudar levar os hidrocarbonetos até a superfície é a injeção de água produzida no poço (LEONEZ, 2011).

Segundo Carvalho (2011), a água produzida de petróleo, ou também chamada de AP, são águas carregadas junto com o óleo e ou gás, durante a produção de petróleo, seja ela proveniente da formação geologia ou decorrente de água de injeção ou a mistura de ambas. Este volume de água produzida é crescente com o tempo, podendo chegar a dez vezes o volume de óleo produzido. As plataformas produtoras de gás tendem a produzir um volume menor de água produzida.

A água produzida possui um grande potencial para afetar todos os ecossistemas e até mesmo os seres vivos, devido à alta salinidade e por apresentar na sua composição compostos orgânicos dissolvidos e dispersos, traços de metais e radionuclídeos, sais dissolvidos, aditivos químicos e sólidos em suspensão. A sua característica depende da formação geológica, do tempo de produção do poço e do tipo do hidrocarboneto explorado (CARVALHO, 2011).

Devido alto índice de degradação da fauna e flora, além de prejudicar operações na indústria petroleira é necessário realizar um tratamento adequando podendo ser por eletroflotação, processo Fenton, entre outros, após terminar as etapas de separação a água poderá ser reutilizada ou descartada. Sendo a forma mais comum

a utilização de AP para injetar em campos maduros aumentando a pressão dos poços e conseqüentemente ajudando na produção de hidrocarbonetos. Essa técnica é empregada nos campos Bacia do Recôncavo, que é um exemplo de campos maduros, devido a sua produção ter sido iniciada na década de 70.

O objetivo da Política Energética Nacional é proteger o meio ambiente e garantir a conservação de energia e cabe aos concessionários adotar medidas necessárias para preservação dos reservatórios e outros recursos naturais, além da proteção do ecossistema. Por tanto, toda água produzida dos poços de petróleo é necessário passar por tratamentos adequados e rigorosos antes de reutilizá-la ou descartá-la (GOMES, 2014).

A metodologia utilizada para realizar o trabalho foi uma revisão bibliográfica, na qual as características, tratamentos, arcabouço regulatório e os tipos de destinos da AP encontraram-se em teses, mestrados, doutorados e livros, já a parte dos dados da Bacia do Recôncavo foi feita um filtro da produção dos meses de janeiro e fevereiro do ano de 2017 e 2018 para realizar uma comparação entre os anos no banco de dados da ANP.

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo sobre a água produzida junto com o petróleo, descrevendo suas características e as formas de reutilizar e descartá-la. Pode-se descrever como objetivos específicos: a) descrever o alto potencial da água produzida em afetar todos os ecossistemas e os seres humanos; b) relacionar a importância das empresas em fazer o gerenciamento adequado da AP; c) ilustrar os métodos convencionais e não convencionais de tratamento; d) discutir a quantidade de AP na Bacia do Recôncavo e os seus principais destinos.

2 | ÁGUA PRODUZIDA

O petróleo, após o processo de geração, é acumulado em rochas reservatório e selado por algum tipo de armadilha geológica. Um típico reservatório de hidrocarbonetos, geralmente apresenta vazão de produção de óleo, gás e água, fluidos presentes na formação geológica. Ao chegar à superfície, esses fluidos são separados. O petróleo e o gás natural são os produtos de interesse e a água é considerada um resíduo do processo. Essa água recebe a denominação de água produzida ou água de produção e são originadas a partir das águas conatas ou intersticiais (presente nos poros e fissuras das rochas), águas oceânicas, águas oceânicas evaporadas, águas meteóricas (subterrânea, proveniente da precipitação e atmosfera), águas subterrâneas evaporadas ou ainda águas magmáticas (libertada das emissões de lava ou manifestações vulcânicas) (THOMAS, 2004).

A AP ocorre tanto nos campos convencionais de óleo e gás quanto nos campos de exploração não convencionais como de xisto betuminoso, areias betuminosas e gás metano das camadas de carvão. Nas explorações convencionais, a geração

dessa água pode atingir um volume superior ao volume de material fóssil produzido, representando o maior rejeito da indústria petrolífera e uma das maiores fontes de contaminantes para o oceano, juntamente com os cascalhos da fase de perfuração (GOMES, 2014).

No Brasil, segundo informações da Base de Dados da ANP (2016), as operações de produção *offshore* e *onshore* no ano de 2016 registraram a geração de cerca de 95 milhões de m³ de água produzida, para uma produção de 107 milhões de m³ de petróleo, resultando em uma razão água: óleo de 0,89:1.

A composição da AP trata-se de uma mistura de compostos químicos orgânicos e inorgânicos naturalmente ocorrentes que foram dissolvidos ou dispersados na forma de particulados das formações geológicas e rotas de migração onde esse efluente esteve represado por milhares de anos. Suas propriedades físicas e químicas variaram, de acordo com a idade geológica, profundidade, características geoquímicas, localização da formação rochosa, composição química das fases de óleo e gás no reservatório e processos adicionados durante a produção (GOMES, 2014).

Esta água apresenta um alto grau de salinidade, além de conter partículas de óleo em suspensão, compostos orgânicos incluindo hidrocarbonetos dissolvidos, ácidos, fenóis, sólidos suspensos, produtos químicos que foram inseridos nos processos de produção como desemulsificantes e anti-espumas. Ainda estão presentes na composição da AP sais solúveis, carbonatos, sulfatos, cloretos de sódio, potássio, cálcio e magnésio, o que favorece a corrosão (FIGUEREDO, 2010).

Água produzida pode gerar problemas tanto ao meio ambiente quanto à operação de um campo. De forma resumida, é possível afirmar que o potencial de geração de impactos da água produzida está diretamente relacionado à sua composição, não abandonando os problemas relacionados aos elevados volumes produzidos e às questões regulatórias. Pode-se citar como danos ao meio a salinização de solos, das águas superficiais e das águas subterrâneas e a mortandade da fauna e flora terrestre e aquática e, em relação a impactos operacionais, pode-se mencionar geração de depósitos, corrosão e incrustações em equipamentos e instalações e diminuição da permeabilidade do reservatório (Tamponamento) (VIEIRA, 2016).

3 | ARCABOUÇO REGULATÓRIO

A água produzida junto com o petróleo apresenta um alto potencial de degradação do ecossistema, como foi apresentado anteriormente. Por conta desse aspecto é de extrema importância o cumprimento das leis vigentes para a retirada, tratamento e o destino da AP. A regulação específica sobre a água produzida nos poços de petróleo no Brasil é elaborada pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e a Lei do Petróleo (Lei de nº 9.478 de 06 de agosto de 1997). As normas, as resoluções e as portarias demonstram interesse no

desenvolvimento sustentável, na produção, nas características, nas movimentações e também na destinação final da AP (SANTANA, 2016).

Segundo Santana (2016), uma importante Portaria a respeito desse assunto é a ANP/INMETRO nº 1 de 19 de junho de 2000 (substituída pela Resolução Conjunta ANP/INMETRO nº 1 de 17 de junho de 2013), que aprova o regulamento técnico de medição de petróleo e gás natural e também determina a necessidade de projeto, instalação, operação, teste e manutenção de sistemas de medição volumétrica de água para controle operacional dos volumes produzidos, captados, transferidos, injetados e descartados.

Outra resolução que aborda esse assunto é a ANP de nº 46 de 24 de dezembro de 2009 (revogada pela Resolução ANP de nº 17 de 20 de março de 2015) a qual complementa as informações quanto à água produzida pelos operadores de campos de petróleo e gás natural. Essa Resolução aprova o Regulamento Técnico do Plano de Desenvolvimento de Campos de Grande Produção, o Regulamento Técnico da Revisão do Plano de Desenvolvimento de Campos de Grande Produção e o Regulamento Técnico do Plano de Desenvolvimento de Campos de Pequena Produção (VIEIRA, 2016).

Nos regulamentos citados são solicitadas informações aos operadores, como descrever todo o processo de injeção de água (quando esse for o mecanismo de recuperação escolhido), identificar poços injetores já perfurados e os previstos, apresentar os resultados de estudos de compatibilidade de água de injeção e da formação e tratamento a ser empregado, apresentar as previsões de Produção e injeção de água em todo o Campo, incluindo as curvas de vazões de Produção contra o tempo, curvas de Produção acumulada contra o tempo, curvas de vazões de injeção contra o tempo e curvas de injeção acumulada contra o tempo, entre outras atividades (VIEIRA, 2016).

Pode-se citar como outra importante resolução a CONAMA nº 396 / 2008 a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas. Uma das alternativas de descarte da água produzida é injeção em aquíferos de água salgada, sendo necessário o controle e o tratamento adequado dessa operação (ANA, 2018).

4 | TRATAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA

O tratamento da água produzida é uma das atividades exigidas pela ANP, devido ao alto grau de dificuldade da separação da água junto com óleo e os sólidos, as empresas procuram desenvolver novas tecnologias para melhorar a eficiência dos tratamentos e também diminuir os custos. O tipo de processo a ser adotado para o tratamento da AP depende dos compostos que se deseja remover. Os compostos a serem removidos, por sua vez, dependem do destino final a ser adotado para a AP tratada, que pode ser descarte, injeção ou reuso, os quais serão explicados

posteriormente (MOTTA e cols., 2013).

O petróleo e a água são praticamente imiscíveis em condições normais, porém, em decorrência das condições existentes durante a formação e migração do petróleo e, em virtude do longo tempo de confinamento e de parcelas de hidrocarbonetos, podem se solubilizar na água. Durante as operações de produção, por causa da agitação, formam-se emulsões, gotículas dispersas de um líquido dentro de outro. Essas emulsões podem dificultar o processo de separação (FIGUEREDO, 2010).

Existem diversos métodos para separar óleo/água/sólido e a escolha do processo adequado depende das características do efluente, tipo o tamanho das gotas de óleo dispersas, o teor de sólidos suspensos e a concentração do óleo. De acordo com Gomes (2009), os tratamentos convencionais são os hidrociclones e a flotação, os quais separam óleo e água. A flotação procura separar resíduo de óleo através de separação gravitacional, quando o óleo encontrar-se livre e disperso da água. Já os hidrociclones aceleram o processo através da força centrífuga, quando o óleo for emulsionado.

Os processos de flotação e hidrociclones apresentam algumas desvantagens, como o elevado tempo de residência requerido, a utilização de produtos químicos especiais e caros, a geração de resíduos sólidos e baixas eficiências, principalmente no caso de gotas com diâmetros na faixa de micrometros ou submicrometros. O problema é ainda mais agravado quando estão presentes agentes tensoativos, muito comuns em emulsões O/A da AP (MOTTA e cols., 2013).

Conforme Gomes (2009), também existem os tratamentos não convencionais, entre eles estão a eletroflotação e o processo Fenton. As unidades de eletroflotação são pequenas e compactas e requerem pouca manutenção e custos operacionais menores que outras unidades de flotação. Nessas unidades ocorre um processo considerado simples que flota poluentes para a superfície da água, através de minúsculas bolhas de gases hidrogênio e oxigênio ou cloro, gerados por eletrólise da água, na base de um reator eletroquímico. É uma tecnologia que remove partículas coloidais, óleos, graxas e poluentes orgânicos e utiliza eletrodos fabricados com materiais que não apresentam geração de resíduos.

Algumas das características da eletroflotação são bolhas de gás dispersas extremamente pequenas, o que aumenta a área superficial de contato entre gotas de óleo e bolhas de gás; com a variação da densidade de corrente é possível criar qualquer concentração de bolhas de gás no meio de flotação, isto aumenta as probabilidades de colisões entre gotas de óleo e bolhas de gás; seleção de um eletrodo de superfície adequada e condições da solução, assim, obtendo ótimos resultados de separação (GOMES, 2009).

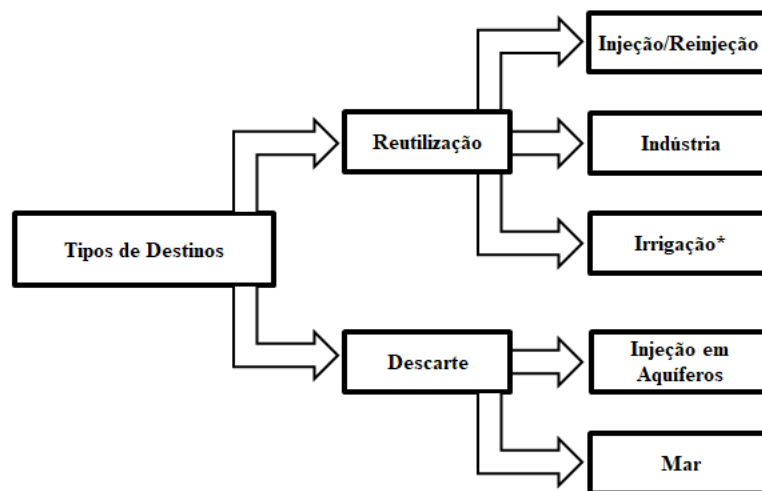
Ainda citando Gomes (2009), a tecnologia de eletroflotação é afetada pelo tamanho das partículas e também pelo tamanho das bolhas de gases hidrogênio e oxigênio gerados na superfície dos eletrodos, os fatores que influenciam o tamanho das bolhas são densidade de corrente, temperatura e curvatura da superfície do

eletrodo, material do eletrodo e pH do meio.

O processo Fenton é um exemplo de processos oxidativos avançados, ele consiste em reações simultâneas provocadas pela oxidação dos compostos orgânicos, utilizando como reagentes o peróxido de hidrogênio e íons de Fe^{+2} como catalisador. Algumas de suas vantagens é o baixo custo, a simplicidade do processo, a boa reatividade com compostos orgânicos e por não produzir compostos tóxicos durante a oxidação dos efluentes, sendo a principal vantagem é a completa oxidação de contaminantes a compostos simples, como por exemplo, CO_2 , água e sais inorgânicos (COELHO, 2010).

5 | DESTINOS DA ÁGUA PRODUZIDA

Após realizar o tratamento da água produzida e certificar que está adequadamente dentro dos padrões, agora pode ser descartada ou reutilizada. Algumas opções são:



*Apesar da irrigação ser uma das opções de destino listadas, não é convencional devido ao elevado custo para a dessalinização e as altas concentrações de sais na AP.

Figura 1 - Destinações da água produzida em campos de petróleo e gás natural (AUTORIA PRÓPRIA, 2018).

A AP pode ser utilizada na indústria, como nas etapas de exploração e produção de petróleo em métodos de perfuração, para preparação do fluido de perfuração, no fraturamento hidráulico, para fraturar a rocha reservatório, aumentar a permeabilidade e a produção de petróleo desse fluido. A água produzida também pode ser usada para irrigar pastos e encher represas, sendo fonte de água para animais e criação de peixes e aves em regiões áridas e semiáridas (MOTTA e cols., 2013).

Um dos mais eficazes destinos para a AP é a injeção em campos maduros, pois deixa de contaminar diretamente o ecossistema e tende a aumentar a pressão

dos reservatórios consequentemente auxiliando na produção de óleo, além da compatibilidade química com água de formação, desde que seja do mesmo reservatório; menores custos após a implantação da planta de reinjeção, economia de espaço e peso devido à otimização das plantas de tratamento de água. O risco ambiental preocupante, com essas manobras, é a contaminação de aquíferos, porém, mediante a utilização correta de revestimentos para os poços injetores, minimiza-se a possibilidade de contaminação (VIEIRA, 2016).

No caso de injeção, normalmente o índice aceito de óleo e graxas (TOG) presente na água é muito baixo, inferior a 5 ppm, pois a presença de óleo pode bloquear os espaços porosos da rocha, especialmente os de baixa permeabilidade. Geralmente as Unidades adotam esse valor independentemente da natureza do óleo em questão e da permeabilidade do intervalo receptor. Portanto, em reservatórios de alta permeabilidade esse valor para o índice pode ser bem mais elevado e quanto maior a permeabilidade e menor a polaridade menos severidade deve ser exigido à quantidade de óleo presente na água a injetar (FERREIRA, 2016).

Outra opção de destino é a injeção da AP em reservatórios subterrâneos de água e reservatórios não produtores de petróleo. No Brasil, uma das condições para esse descarte é que seja realizado em “águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso” para atender a Resolução CONAMA nº 396 / 2008 (FERREIRA, 2016).

6 | DESTINOS DA ÁGUA PRODUZIDA NA BACIA DO RECÔNCAVO

O Brasil detém algumas bacias sedimentares terrestres que já se encontram em fase de declínio de produção, atingiram o estado de maturidade, são eles a Bacia do Recôncavo, Potiguar, Espírito Santo, Sergipe–Alagoas. Segundo o boletim mensal da produção de petróleo e gás natural da ANP (2018), os campos marginais presentes em todo território brasileiro foram responsáveis pela produção de sendo 16 Mm³/d (milhares de metros cúbicos por dia) de petróleo e 3,9 MMm³/d (milhões de metros cúbicos por dia) de gás natural no mês de janeiro, podendo ressaltar duas participações baianas importantes nesta produção, como o Campo de Morro do Barro e o Campo de Bom Lugar.

A Bacia do Recôncavo localiza-se na parte Leste do Estado da Bahia, Região Nordeste do Brasil, com uma área de aproximadamente 11.000 km² e exibe uma orientação geral que segue o trend NE-SW. Limita-se a norte e noroeste com a Bacia de Tucano, pelo Alto de Aporá; ao sul com a Bacia de Camamu, pelo sistema de falhas da Barra; a leste, pelo sistema de falhas de Salvador; e a oeste pela Falha de Maragogipe. Essa bacia foi à primeira bacia sedimentar brasileira a se descobrir petróleo, podendo ser explorada comercialmente, iniciou a exploração em campos

onshore e na década de 70 começou-se a produção *offshore*, em profundidades inferiores a 200 metros. Seus principais campos são Candeias, Taquipe, Araçás, Água Grande, Miranga, Sesmaria e Fazenda do Imbé (NOVAES, 2010).

Em maio de 2017 a Bacia do Recôncavo apresenta 65 campos de óleo e 16 campos de gás natural produzindo. Segundo dados da ANP (2017), ao longo da vida produtiva da bacia acumularam-se os montantes de produção de aproximadamente 254 milhões de m³ de óleo e 73,2 bilhões de m³ de gás. As reservas provadas são de 29 milhões de m³ de óleo e 5,5 bilhões de m³ de gás natural (dados de dezembro de 2016).

Segundo a Consulta de exploração de produção no site da ANP (2017) nos dois primeiros meses de 2017 com 81 campos produzindo e oito campos parados, somou-se uma produção de 314.975 m³ de óleo, 138.549 Mm³ de gás e 4.601.712 m³ de água, pode-se observar que o valor da água produzida é 14 vezes maior que o valor de óleo. Deste total, a maioria dos campos da Bacia do Recôncavo injeta a água produzida para recuperação secundária. O restante gerencia de maneira diferente, conforme abaixo:

Tipos	Campo	Volume (m ³)
AP descartada	Tiê	6
AP descartada	Bom Lugar	165
AP injetada para descarte	Fazenda Bálsamo	18.565
AP injetada para descarte	Araçás	3016
AP injetada para descarte	Santana	664

Tabela1 – Destino da AP em alguns campos da Bacia do Recôncavo (Adaptado de ANP, 2017).

A água injetada com o objetivo de recuperação secundária é superior à quantia produzida pelos poços da bacia, sendo este valor 5.316.573 m³, mostrando que a bacia do Recôncavo recebe água de outras bacias para conseguir aumentar a produção de hidrocarbonetos (ANP, 2018).

Segundo dados da ANP (2018), no ano de 2018, no mesmo período citado do ano anterior e os mesmos campos produzindo obteve uma produção de 288.123 m³ de óleo, 127.286 Mm³ de gás e 4.962.077 m³ de água, comparando com os dados de 2017 a quantidade de hidrocarbonetos diminuiu e a de água aumentou, pode inferir que isso é comum em campos maduros como no exemplo citado da Bacia do Recôncavo. De um ano para o outro, a relação do Volume de água x Volume de óleo produzidos passou de 14 para 17 vezes maior. A quantidade de água injetada nos poços para recuperar o petróleo, no ano de 2018, foi de 5.488.111 m³, superior ao ano antecessor, e 37.689 m³ foi injetada sem interesse na recuperação secundária pelos mesmos campos do ano de 2017, logo não houve descarte em aquíferos ou no mar.

O Campo de Buracica é considerado produtor de óleo, pois a quantidade de petróleo é muito superior à do gás. Mesmo com uma quantidade elevada de água

produzida (maior volume comparando aos outros campos da Bacia do Recôncavo), ainda não é suficiente, sendo necessário receber de outro campo para intejar com o objetivo de aumentar a pressão dos poços. Nesse exemplo, nenhum volume de água foi descartado tanto em subsuperfície quanto em superfície (ANP, 2018).

Ponto de Operação	Produção de Petróleo (m ³)	Produção de Gás (Mm ³)	Produção de Água (m ³)	Água Injetada Rec. Secundária (m ³)	Água Injetada Descarte (m ³)	Água Descartada em Superfície (m ³)
2017.1	16877	101	700960	723687	0	0
2017.2	15703	94	631186	673997	0	0
2018.1	13688	82	665466	708218	0	0
2018.2	15347	92	771792	817764	0	0

Tabela 2 – Água produzida no campo de Buracica na Bacia do Recôncavo (Adaptado de ANP, 2018).

O Campo de Miranga é o maior produtor de gás na Bacia do Recôncavo, esse campo também é um receptor de AP e utiliza o método de injeção de água como recuperação secundária para ajudar elevar esse hidrocarboneto até a superfície. Comparando com um campo produtor de óleo, o volume de AP é muito inferior nos campos de gás. Neste campo, nenhum volume de água foi descartado, nos períodos analisados, sendo todo o montante utilizado para aumentar a pressão dos reservatórios (ANP, 2018).

Ponto de Operação	Produção de Petróleo (m ³)	Produção de Gás (Mm ³)	Produção de Água (m ³)	Água Injetada Rec. Secundária (m ³)	Água Injetada Descarte (m ³)	Água Descartada em Superfície (m ³)
2017.1	7359	17117	117506	176161	0	0
2017.2	6508	15942	112146	157973	0	0
2018.1	5650	12105	107978	190909	0	0
2018.2	4841	10916	81765	114814	0	0

Tabela 3 – Água produzida no campo de Miranga na Bacia do Recôncavo (ANP, 2018).

7 | CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu avaliar uma das alternativas para diminuir a poluição causada pela indústria do petróleo, utilizando-se a água produzida para reinjeção nos poços, com a finalidade do processo de recuperação secundária em campos maduros, como por exemplo, o campo de Cassarongongo, onde toda AP é tratada na estação do próprio campo e posteriormente é reinjetada nos poços.

O gerenciamento da água tem sua importância evidenciada, principalmente,

no potencial de impactos adversos ao meio ambiente e às operações. Os custos envolvidos nesse conjunto de técnicas, tecnologias e/ou operações são elevados, porém necessários para a indústria do petróleo e para a minimização dos impactos adversos ao meio ambiente.

A legislação brasileira prevê o controle da poluição da água estabelecendo os limites de elementos contaminantes no efluente, classificando os corpos hídricos pela sua qualidade e utilização. Um dos principais destinos para água produzida nos poços *onshore*, levando em consideração a viabilidade econômica e financeira e conhecimentos ambientais, é a sua reinjeção como forma de reaproveitamento.

A Bacia do Recôncavo utiliza a técnica de injeção de água como método de recuperação secundária, sobretudo por se tratar de uma bacia madura. Foi possível observar que mesmo o volume de AP em alguns campos sendo elevado, ainda não tem sido suficiente, precisando receber mais volume de outros campos. Isso se explica, não somente pelo volume necessário, mas também pelos possíveis desafios de infraestrutura. Geralmente as empresas transferem a água produzida de um campo para outro, como forma de otimizar as Estações de Tratamento e de Injeção.

A Agência Nacional do Petróleo obriga todas as empresas a repassar os dados sobre a água produzida, incluindo volume de produção, injeção e descarte, transferência para outro campo ou poço, além dos tratamentos empregados. Porém a ANP não disponibiliza da forma clara todos os dados que são emitidos pelas empresas no cumprimento da Resolução ANP de nº 17 de 20 de março de 2015, o que dificultou na análise dos dados.

A busca por soluções para alguns desses desafios é constante, o que inclui a resolução de problemas nas etapas do processo de gerenciamento da água, ou pela própria regulação, a exemplo da criação de novas tecnologias para o tratamento da água. Dentre os principais fatores que impulsionam o desenvolvimento de novas tecnologias estão: a redução de custos, o aperfeiçoamento de processos, a otimização de resultados e, principalmente, o atendimento a novas regras (leis, regulamentação, certificação, normatização, etc.), as quais são cada vez mais restritivas.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas (2016). **RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008**. Em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/>. Disponível em < <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em 10 de maio de 2018 às 13h45.

ANP, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (2016). **Boletim mensal da produção de petróleo e gás natural**. Em: www.anp.gov.br. Disponível em < <http://anp.gov.br/?pg=80227&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1460917374140>>. Acesso em 10 de abril de 2018 às 11h45.

ANP, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (2017). **Bacia do Recôncavo**. Em: www.anp.gov.br. Disponível em < http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round14/Mapas/sumarios/Sumario_Geologico_R14_Reconcavo.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2018 às 15h05.

ANP (2018), Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. **Boletim mensal da produção de petróleo e gás natural**. Em: www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/gestao-de-contratos-de-e-p/dados-de-e-p. Acesso em 10 de maio de 2018 às 11h00.

ANP (2018), Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. **Consulta de exploração de produção**. Em: www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal-Producao_Petroleo_Gas_Natural/Boletim-Producao_janeiro-2018.pdf. Acesso em 15 de maio de 2018 às 10h00.

CARVALHO, A. D. **Tratamento das águas ácidas de refinaria de petróleo pelos processos fenton e foto-fenton**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2004. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://portal.peq.coppe.ufrj.br/index.php/producao-academica/teses-de-doutorado/2004/260-tratamento-das-aguas-acidas-de-refinaria-de-petroleo-pelos-processos-fenton-e-foto-fenton/file>. Acesso em 15 de março de 2018 às 16h20.

COELHO, K. S. L. **Estudo da água produzida em diferentes zonas de produção de petróleo, utilizando a hidroquímica e a análise estatística de parâmetros químicos**. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2010. Dissertação de Mestrado. Disponível em http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/17620/1/KyteriaSLF_DISSERT.pdf. Acesso em 18 de março de 2018 às 17h08.

FERREIRA B. H. **Estudo dos processos de tratamento de água produzida de petróleo**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Estudo-dos-processos-de-tratamento-de-%C3%A1gua-produzida-de-petr%C3%B3leo.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2018 às 16h03.

FIGUEREDO, K. S. L. **Estudo da água produzida em diferentes zonas de produção de petróleo, utilizando a hidroquímica e a análise estatística de parâmetros químicos**. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2010. Dissertação de Mestrado. Disponível em http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/17620/1/KyteriaSLF_DISSERT.pdf. Acesso em 18 de março de 2018 às 17h08.

GOMES A. P. P. **Gestão ambiental da água produzida na indústria de petróleo: melhores práticas e experiências internacionais**. Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético. Rio de Janeiro. 2014. Dissertação de Mestrado. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/gomes_ana.pdf. Acesso em 19 de março de 2018 às 07h20.

GOMES E. A. **Tratamento combinado da água produzida de petróleo por eletroflotação e processo fenton. Universidade Tiradentes. Aracaju**. Programa de pós-graduação em engenharia de processos. 2009. Disponível em: <http://ppg.unit.br/pep/wp-content/uploads/sites/4/2016/04/TRATAMENTO-COMBINADO-DA-%C3%81GUA-PRODUZIDA-DE-PETR%C3%93LEO-POR-ELETROFLOTA%C3%87%C3%83O-E-PROCESSOS-FENTON.pdf>. Acesso em 27 de março de 2018 às 10h46.

LEONEZ R. C. L. **Métodos de elevação utilizados na engenharia de petróleo – uma revisão de literatura. Universidade Federal Rural do Semiárido**. Angicos. 2011. Monografia. Disponível em: http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/ronnifran_trabalhofinal_rev_mv4-ELEVA%C3%87%C3%83O.pdf. Acesso em 27 de fevereiro de 2018 às 14h58.

MOTTA, A. R. P. e cols. **Tratamento de água produzida de petróleo para remoção de óleo por processos de separação por membranas: revisão**. Salvador. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n1/a03v18n1>. Acesso em 02 de abril de 2018 às 14h32.

NOVAES, R. C. S. **Campos Maduros e áreas de acumulações marginais de petróleo e gás natural: Uma análise da atividade econômica no recôncavo baiano**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2010. Dissertação de Mestrado. Disponível em <http://www.iee.usp.br/producao/2010/Teses/RCnovaes-dissert-rev93%20Final.pdf>. Acesso em 20 de março de 2018 às 14h32.

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. de S.; XAVIER J. A. D. **Engenharia de reservatórios de petróleo**. Interciência, 2011. 808 p.

SANTANA, J. P. T. N. S. **O desafio contemporâneo da gestão de água na indústria: Um estudo de caso sobre o tratamento de água de produção na indústria petrolífera**. Niterói. 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/2134/1/TCC-%20Juliana%20Targueta%20e%20Naienne%20Santana.pdf>>. Acesso em 03 de março de 2018 às 11h18.

SENNA, B. D. **Estudo de viabilidade econômica em campos maduros**. Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2011. Dissertação de Mestrado. Disponível em < http://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12945/1/BrennyDS_DISSERT.pdf>. Acesso em 18 de fevereiro de 2018 às 19h30.

THOMAS, José Eduardo (org.). **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 264 p.

VIEIRA V.M. **Modelo de avaliação do gerenciamento da água produzida em operações de produção de petróleo e gás natural em bacias terrestres brasileiras**. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2016. Disponível em: <[file:///C:/Users/Samsung/Desktop/Tese%20-%20Victor%20Menezes%20Vieira%20\(pos-defesa\)%20FINAL.pdf](file:///C:/Users/Samsung/Desktop/Tese%20-%20Victor%20Menezes%20Vieira%20(pos-defesa)%20FINAL.pdf)>. Acesso em 04 de março de 2018 às 20h03.

CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR

Rafaela Paes de Souza Barbosa

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

Gustavo Forastiere Simoneli

Centro Educacional Integrado, Departamento de
Engenharia Civil
Campo Mourão – Paraná

Maria Magdalena Ribas Döll

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

Mayra Alves Donato

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

RESUMO: Dentre as atividades humanas que impactam as águas superficiais, pode-se citar descarga irregular de efluentes. A poluição da água não é apenas uma ameaça à saúde humana e ao funcionamento do ecossistema aquático, mas também uma questão importante para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo o monitoramento espacial e temporal da contaminação da água superficial de 4 sub-bacias urbanas de Ponta Grossa-PR. Para isso, foram realizadas 10 campanhas de coletas entre os meses de agosto/2017 e

junho/2018, durante o período da manhã, que contemplam um ano cronológico e todas as estações climáticas. As sub-bacias estudadas apresentaram resultados para *Escherichia coli*, coliformes totais, amônia e nitrato acima dos limites permitidos pelas resoluções CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 274/2000, o que comprova a presença de contaminação fecal nos cursos d'água. As sub-bacias do arroio Lajeado Grande e Pilão de Pedra foram as que demonstraram maior variabilidade de qualidade da água superficial. Foi possível observar que os elementos climáticos, como a precipitação e a temperatura do ar, possuem influência sobre a concentração de poluentes presente, onde os principais fatores que contribuem para isso são a diluição da poluição e o aumento da aeração na água.

PALAVRAS-CHAVE: sub-bacias urbanas; qualidade da água; contaminação fecal; precipitação.

SURFACE WATER CONTAMINATION OF FOUR DRAINAGE SUB-WATERSHED OF PONTA GROSSA-PR

ABSTRACT: Among the human activities that impact the superficial waters is the irregular discharge of effluents. Water pollution is not only a threat to human health and the

functioning of the aquatic ecosystem, but also an important point for the society sustainable development. Thus, this work aims the spatial and temporal monitoring of surface waters contamination of 4 urban sub-watersheds in Ponta Grossa-PR. For this, were performed 10 sample collections between the months of August/2017 and June/2018, during the morning, which contemplate a chronological year and all the climatic seasons. The sub-watersheds studied presented results for *Escherichia coli*, total coliforms, ammonia and nitrate above the limit allowed by the resolutions CONAMA n° 357/2005 and CONAMA n° 274/2000, which proves the presence of fecal contamination on the water courses. The steams Lajeado Grande and Pilão de Pedra sub-watersheds presented greater surface water quality variability. It was possible to observe that the climatic elements, as precipitation and air temperature, influence on the pollution concentration where the main factors that contribute for this are pollution dilution and the water aeration.

KEYWORDS: urban sub-watersheds; water quality; fecal contamination; precipitation.

1 | INTRODUÇÃO

Sem um planejamento urbano prévio e adequado, a urbanização produz impactos negativos para o meio ambiente, como a liberação e introdução de substâncias de natureza física, química e biológica sobre os corpos hídricos. Isso ocorre devido ao lançamento de esgoto sanitário sem tratamento ou com um tratamento ineficiente direto no curso d'água ou através de ligações clandestinas do esgoto nas redes de drenagem pluvial. Outros impactos gerados pela ocupação do espaço urbano são: o desmatamento, a impermeabilização das superfícies, substituição da cobertura vegetal natural e o conseqüente aumento do escoamento superficial, os quais influenciam o processo hidrológico urbano, afetando, assim, a produção de água na bacia hidrográfica (NASCIMENTO; HELLER, 2005; PROSAB, 2009; TUCCI, 2001).

A qualidade da água também é afetada pelas condições climáticas, a eventual sazonalidade de lançamento de efluentes e a vazão do corpo hídrico. A qualidade da água aumenta em razão da diluição dos poluentes pelo recebimento de mais água, como por exemplo a água da chuva, e também devido a sua capacidade de autodepuração, o qual é o restabelecimento do equilíbrio do meio aquático de forma natural. Portanto é importante que sejam lançados no corpo hídrico apenas despejos previamente e devidamente tratados, para que a capacidade de assimilação do corpo hídrico não seja ultrapassada e haja a recuperação natural do equilíbrio no meio aquático (BERTOLDO; RIGHES; MORTARI, 2004; VON SPERLING, 1996).

Em vista disso, o presente trabalho tem o propósito de realizar o monitoramento espacial e temporal, por um período de 12 meses consecutivos, a fim de averiguar possível contaminação da água superficial de quatro sub-bacias urbanas de Ponta Grossa, quanto a compostos característicos dos esgotos sanitários e, porventura, efluentes industriais.

2 | METODOLOGIA

2.1 Sub-bacias urbanas monitoradas

Dentre as 12 sub-bacias hidrográficas urbanas existentes em Ponta Grossa, foram escolhidas para monitoramento as seguintes sub-bacias: Lajeado Grande, Pilão de Pedra, Olarias e Ronda, pois as cabeceiras destes corpos hídricos se encontram nas áreas mais próximas do centro da cidade (Figura 1).

Por meio de pesquisas bibliográficas, visitas a órgãos municipais e visitas locais determinaram-se oito pontos de coleta acessíveis aos cursos de água. Foram escolhidos pontos que englobassem parte da região da cidade, a qual apresenta maior densidade populacional, e também que possuíssem pontos de drenagem pluvial para possível observação de ligações clandestinas de esgoto. A ordem dos pontos de amostragem foi definida de acordo com a sequência de coleta.

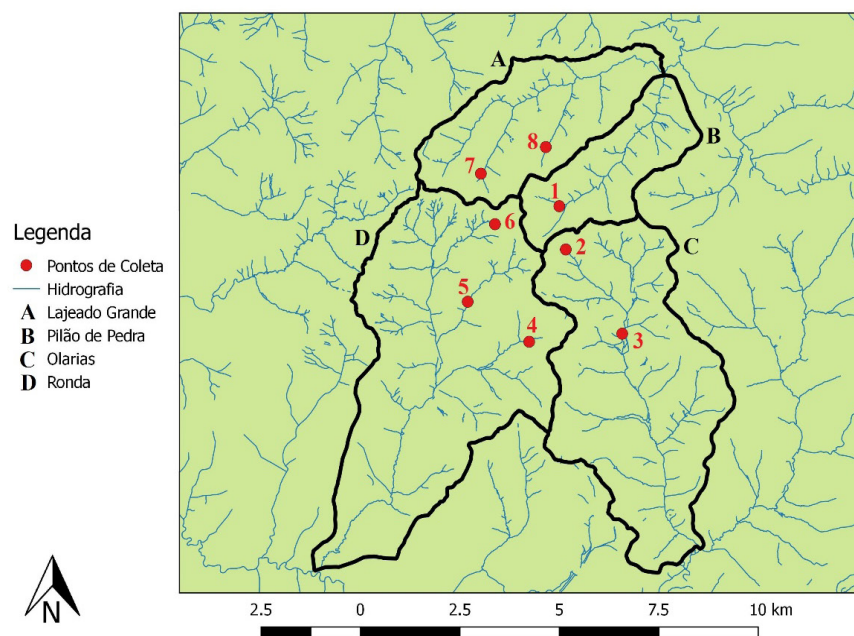


Figura 1- Mapa das sub-bacias urbanas selecionadas e os pontos de coleta de amostras.

Fonte: os autores.

2.2 Dados das sub-bacias monitoradas

A sub-bacia Pilão de Pedra abrange uma área de 8,45 km², a qual engloba o trecho desde suas nascentes na praça Barão do Rio Branco (centro) até os bairros Jardim Carvalho, Neves, Uvaranas e Órfãs (NUCLEAM, 2012).

A sub-bacia Olarias possui 26,54 km² de área, é responsável pela drenagem da maioria dos bairros da região sudeste e grande parte da área central de Ponta Grossa. Deságua no rio Cará-Cará, tributário da margem direita do rio Tibagi. As suas principais nascentes estão localizadas próximas ao Parque Ambiental (centro) e ao Terminal Central de ônibus. Além de envolver a região central da cidade, compreende também

os bairros Jardim Barreto, Jardim Europa, Olarias, Oficinas, parte de Uvaranas e do Distrito Industrial (NUCLEAM, 2012).

A sub-bacia do arroio da Ronda ocupa uma área de 33,93 km², a qual engloba na zona urbana os bairros Ronda, Jardim América, Nova Rússia, Contorno, Oficinas, Colônia Dona Luíza e parte da área central, e na zona rural a Colônia Tavares Bastos. Suas nascentes, situadas na área verde ao fundo do prédio da Prefeitura, Câmara de Vereadores e rodoviária de Ponta Grossa, formam diversos tributários ao longo do seu curso. Deságua na margem direita do rio Tibagi e tem como afluentes o arroio do Padre e o arroio Capão do Cipó (NUCLEAM, 2012).

A sub-bacia Lajeado Grande possui 13,35 km² de área envolvendo a maior parte dos bairros Boa Vista, Nova Rússia, Órfãs e Jardim Carvalho. O curso d'água principal é o arroio Lajeado Grande, formado pela junção dos pequenos arroios: Lajeadozinho, Maria Emília, Madureira, Prancha e Monteiro Lobato (NUCLEAM, 2012).

No Brasil os corpos d'água são classificados de acordo com a qualidade da água. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) essa classificação corresponde ao nível de qualidade o qual um segmento do corpo hídrico deve atingir ou manter ao longo do tempo. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) determina as classes de qualidade para as águas doces, salobras e salinas. Para as águas doces, as classes se dividem em: classe especial e classes 1, 2, 3 e 4. Em Ponta Grossa os arroios estão enquadrados nas classes 2 e 3 (PONTA GROSSA, 2016).

2.3 Parâmetros de qualidade de água

Com a sonda Multiparâmetros Aquaread AP-2000 foram analisados *in situ* os seguintes parâmetros: temperatura da água, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT) e algas cianofíceas (BGA). Em laboratório foram analisadas: turbidez, pH, fósforo total (P_{tot}), fósforo inorgânico (P_{inorg}), nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3^-$), coliformes totais (CT) e *E. coli*. Todas as análises foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Em relação ao lançamento de matéria orgânica a resolução CONAMA nº 357 apresenta apenas valor máximo permitido para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Porém, a verificação da presença de matéria orgânica também pode ser realizada através da análise de carbono orgânico total (COT). Segundo Libânio et al. (2000) as águas superficiais apresentam um teor de COT que varia de 1 mg/L à 20 mg/L. Partindo-se desse princípio, adotou-se 20 mg/L como valor máximo de referência de COT.

2.4 Método de amostragem e dados meteorológicos

As coletas ocorreram mensalmente de agosto de 2017 a junho de 2018 e no período da manhã. Os procedimentos de amostragem seguiram os procedimentos descritos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*

(APHA, 2012). Os frascos de polietileno utilizados para a análise de coliformes foram previamente limpos e esterilizados em autoclave. Para as demais análises foram utilizados frascos de polietileno sem esterilização

Durante as coletas os frascos foram armazenados em uma caixa térmica, com gelo, para manter a temperatura em aproximadamente 4°C. As análises de turbidez, pH, fósforo total, fósforo inorgânico, nitrato, coliformes total e *E. coli* foram realizadas no mesmo dia da amostragem, cerca de 4 horas após a coleta. As análises de nitrogênio amoniacal e o COT foram feitas no dia seguinte, até 24 horas após a coleta. As amostras para essas análises foram armazenadas sob refrigeração em frascos de polietileno com o pH < 2, ajustado com o ácido Sulfúrico PA, para preservar suas propriedades.

Baseando-se nos dados de precipitação e temperatura média diária, cedidos pela SIMEPAR, realizou-se a soma dos valores de precipitação dos 7 dias que antecederam a data da coleta. Já para a temperatura, foi feita a média aritmética simples dos valores de temperatura correspondentes aos 7 dias antes da coleta (Figura 2).

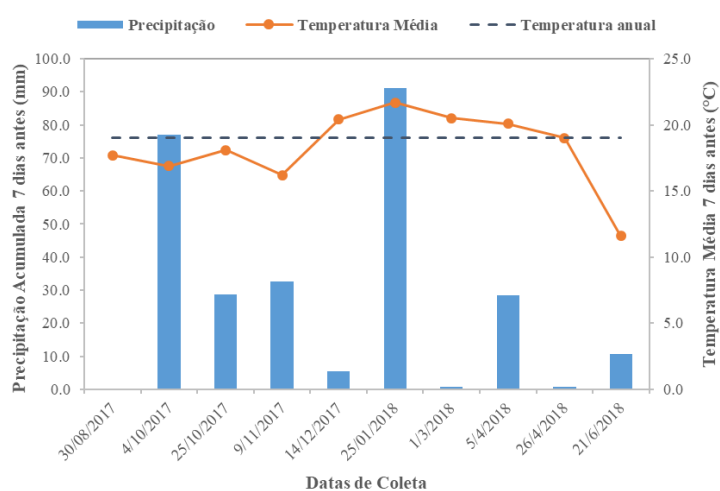


Figura 2: Gráfico da precipitação acumulada e temperatura média dos 7 dias antecedentes à data de coleta.

Partindo da definição dada por Virmani (1975), realizou-se a soma da precipitação dos dois dias seguidos, dentro dos 7 dias anteriores e posteriores à coleta, que apresentaram maior intensidade. Aqueles que obtiveram uma precipitação acumulada, dentro dos 7 dias anteriores, de no mínimo 20 mm e para os 7 dias posteriores de no mínimo 10 mm, foram considerados como período chuvoso. Considerou-se como período seco os que não se enquadraram (Tabela 3).

Data de Coleta	Precipitação Acumulada (mm)		Período
	7 dias antes	7 dias após	
30/08/2017	0,0	0,0	SECO
04/10/2017	53,0	44,0	CHUVOSO
25/10/2017	20,4	37,6	CHUVOSO
09/11/2017	32,2	31,8	CHUVOSO
14/12/2017	5,4	14,2	SECO
25/01/2017	56,2	60,2	CHUVOSO
01/03/2018	0,8	40,2	SECO
05/04/2018	14,4	0,0	SECO
26/04/2018	0,8	2,8	SECO
21/06/2018	7,4	19,2	SECO

Tabela 3: Divisão das datas de coleta em período seco e chuvoso.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5 Sub-bacia do arroio Pilão de Pedra – Ponto 1

Conforme mostra a Tabela 4, *E. coli*, P_{tot} , $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ estão acima do valor limite determinado pela CONAMA nº 357 para classe 2. Todos os resultados encontrados para o *E. coli* foram acima de 2000 UFC/100 ml. Portanto, esse arroio pode ser considerado impróprio para qualquer atividade de recreação de contato primário. Este cenário de poluição é observado em outros corpos hídricos da cidade, resultado de atividades antrópicas que são desenvolvidas, como ocupações urbanas, atividades agrícolas, dentre outras (SIMONELI, 2018).

As concentrações de OD permaneceram dentro do valor mínimo necessário. Diferente do caso anterior, o fato do $N-NO_3^-$ não ter apresentado uma diferença expressiva demonstra que os resultados, em todas as coletas, se mantiveram acima do mesmo. Em relação aos períodos de coleta (Tabela 3), foi registrado um aumento de aproximadamente 84% na concentração de OD do período seco para o período chuvoso. Em virtude do aumento do fluxo de água causado pela chuva, ocorre a intensificação da turbulência da água, e um conseqüente acréscimo da solubilidade do oxigênio (GRIECO et al., 2017).

Parâmetros	1			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	19,60 ± 2,09	4	19,20 ± 2,00
pH	6	6,35 ± 0,64	4	6,10 ± 0,07
OD (mg/L)	6	4,19 ± 2,39	4	7,70 ± 0,95
CE ($\mu S/cm$)	6	289,33 ± 35,04	4	424,75 ± 269,25
SDT (mg/L)	6	187,33 ± 22,78	4	275,75 ± 174,85
BGA (cel/ml)	6	0 ± 0	4	0 ± 0

Turbidez (UNT)	6	6,19 ± 2,44	4	3,78 ± 1,28
P _{tot} (mg/L)	6	1,06 ± 0,33	4	0,70 ± 0,26
P _{inorg} (mg/L)	6	0,91 ± 0,36	4	0,61 ± 0,27
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	6	8,07 ± 2,98	4	7,13 ± 0,67
CT (UFC/100 ml)	6	2,84 x 10 ⁶ ± 4,02 x 10 ⁶	4	2,25 x 10 ⁵ ± 9,11 x 10 ⁴
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	9,55 x 10 ⁵ ± 1,53 x 10 ⁶	4	2,60 x 10 ⁵ ± 2,94 x 10 ⁵
COT (mg/L)	6	15,30 ± 3,72	4	8,04 ± 0,85

Tabela 4: Média dos resultados do ponto 1 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

3.6 Sub-bacia do arroio Olarias – Pontos 2 e 3

No ponto de amostragem 2 e 3 apenas dois parâmetros estão em desconformidade: *E. coli* e P_{tot} (Tabela 5 e Tabela 6). Dessa forma, esse ponto também pode ser considerado impróprio para atividades de recreação, devido ao risco para o ser humano. Massoud (2011) registrou concentrações elevadas desses parâmetros ao avaliar a qualidade do rio Damour, no Líbano. O autor considera que a presença de atividades antrópicas é responsável pelo aumento de poluentes no corpo hídrico.

Parâmetros	2			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	19,66 ± 2,41	4	18,75 ± 2,06
pH	6	6,30 ± 0,59	4	6,34 ± 0,29
OD (mg/L)	6	6,91 ± 1,65	4	9,15 ± 0,33
CE (µS/cm)	6	264,00 ± 43,45	4	247,50 ± 9,54
SDT (mg/L)	6	171,20 ± 28,07	4	160,75 ± 6,24
BGA (cel/ml)	6	4,10 x 10 ³ ± 5,68 x 10 ³	4	0 ± 0
Turbidez (UNT)	6	5,43 ± 1,76	4	7,87 ± 7,65
P _{tot} (mg/L)	6	0,53 ± 0,31	4	0,23 ± 0,07
P _{inorg} (mg/L)	6	0,40 ± 0,28	4	0,12 ± 0,10
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	6	2,65 ± 1,63	4	4,33 ± 5,01
CT (UFC/100 ml)	6	4,73 x 10 ⁵ ± 4,59 x 10 ⁵	4	1,11 x 10 ⁵ ± 9,42 x 10 ⁴
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	7,04 x 10 ⁴ ± 4,06 x 10 ⁴	4	4,88 x 10 ⁴ ± 6,15 x 10 ⁴
COT (mg/L)	6	12,81 ± 2,16	4	7,79 ± 3,46

Tabela 5: Média dos resultados do ponto 2 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

Ainda, devido à região ao redor do ponto 3 apresentar ruas não asfaltadas e muitas residências irregulares, houve um maior escoamento superficial, responsável por carregar material fecal, tanto de seres humanos quanto de animais de sangue quente, e poluentes através do escoamento superficial (LOPES; JÚNIOR, 2010).

As concentrações de N-NH₄⁺, P_{tot} e P_{inorg}, no período seco foram suficientes para ocasionar o surgimento das BGA, gerando a diminuição do OD. A precipitação causou um aumento na aeração do corpo hídrico devido ao maior volume de água, fazendo com que ocorresse a diluição de grande parte dos poluentes e um acréscimo

na concentração de OD. Houve uma redução de 76,7% na concentração de CT e 30,8% de *E. coli*, do período seco ao chuvoso. Diferente do ponto anterior houve uma redução na quantidade de SDT, e uma consequente redução da CE. Nesse caso a chuva teve um efeito diluidor (BASSO; MOREIRA; PIZZATO, 2011). Pode-se notar que do período seco para o período chuvoso verificou-se um aumento de 63% na concentração de N-NH_4^+ , o qual foi possivelmente causado por um despejo irregular de produto químico, o que aumentou o pH e turbidez.

Parâmetros	3			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm \text{SD}$	N	$\bar{X} \pm \text{SD}$
Temp. da água (°C)	6	19,02 ± 3,24	4	18,65 ± 2,21
pH	6	6,42 ± 0,70	4	5,93 ± 0,14
OD (mg/L)	6	6,02 ± 0,77	4	7,74 ± 0,93
CE ($\mu\text{S/cm}$)	6	257,60 ± 34,85	4	359,75 ± 292,28
SDT (mg/L)	6	167,00 ± 22,29	4	233,25 ± 189,88
BGA (cel/ml)	6	$2,84 \times 10^4 \pm 2,76 \times 10^4$	4	$2,10 \times 10^4 \pm 3,15 \times 10^4$
Turbidez (UNT)	6	13,63 ± 8,20	4	15,87 ± 8,85
P_{tot} (mg/L)	6	0,30 ± 0,13	4	0,27 ± 0,11
P_{inorg} (mg/L)	6	0,23 ± 0,14	4	0,16 ± 0,11
N-NH_4^+ (mg/L)	6	3,49 ± 2,04	4	3,70 ± 0,64
CT (UFC/100 ml)	6	$3,00 \times 10^5 \pm 2,42 \times 10^5$	4	$2,06 \times 10^5 \pm 1,97 \times 10^5$
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	$3,00 \times 10^4 \pm 2,92 \times 10^4$	4	$6,38 \times 10^4 \pm 4,42 \times 10^4$
COT (mg/L)	6	11,74 ± 1,58	4	6,65 ± 1,75

Tabela 6: Média dos resultados do ponto 3 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

3.7 Sub-bacia do arroio da Ronda – Pontos 4, 5 e 6

Além do *E. coli* e P_{tot} , o ponto 4 obteve uma média de pH e N-NO_3^- acima do limite permitido (Tabela 7). Similarmente, com 100% dos resultados de *E. coli* acima de 2000 UFC/ 100 ml, considera-se como impróprio para recreação. Similarmente ao ponto de coleta 1, a precipitação teve o efeito de diluição e aumento da turbulência da água, levando à redução da concentração dos poluentes presentes e uma melhoria na oxigenação da água.

Apesar da baixa concentração de nutrientes no período seco comparado ao ponto de coleta anterior, a alta temperatura da água favoreceu o crescimento das algas cianofíceas (MCQUEEN; LEAN, 1987). A quantidade de água precipitada no período chuvoso foi capaz de reduzir em 100% a BGA. Nesse caso a turbidez era gerada por atividades antrópicas que estavam nas proximidades do corpo hídrico e, devido à diluição, ocorreu a redução desse parâmetro.

Parâmetros	4			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	20,68 ± 1,90	4	20,10 ± 1,46
pH	6	5,84 ± 0,64	4	5,65 ± 0,22
OD (mg/L)	6	6,68 ± 0,84	4	7,89 ± 0,21
CE (μS/cm)	6	155,40 ± 8,05	4	219,75 ± 149,02
SDT (mg/L)	6	100,40 ± 5,22	4	142,50 ± 96,45
BGA (cel/ml)	6	2,17 x 10 ⁴ ± 4,85 x 10 ⁴	4	0 ± 0
Turbidez (UNT)	6	2,79 ± 0,70	4	2,34 ± 1,00
P _{tot} (mg/L)	6	0,18 ± 0,04	4	0,12 ± 0,08
P _{inorg} (mg/L)	6	0,13 ± 0,04	4	0,05 ± 0,06
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	6	0,93 ± 0,49	4	1,42 ± 0,57
CT (UFC/100 ml)	6	1,65 x 10 ⁵ ± 5,61 x 10 ⁴	4	9,13 x 10 ⁴ ± 5,21 x 10 ⁴
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	4,76 x 10 ⁴ ± 4,00 x 10 ⁴	4	4,20 x 10 ⁴ ± 3,82 x 10 ⁴
COT (mg/L)	6	7,95 ± 0,95	4	3,81 ± 2,58

Tabela 7: Média dos resultados do ponto 4 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

No ponto 5 os parâmetros que apresentaram médias acima do permitido foram: *E. coli*, P_{tot} e N-NO₃⁻ (Tabela 12). Em relação a influência da precipitação no corpo hídrico, no ponto 5 ocorreu um aumento na concentração em 9,8% de CT e 192,8% de *E. coli* (Tabela 8). Além desses parâmetros o P_{tot}, P_{inorg} e N-NH₄⁺ também sofreram acréscimo do período seco para o chuvoso. Devido ao aumento de apenas 1,9% na concentração de SDT, esses poluentes provêm de ligações clandestinas de esgoto em redes de drenagem pluvial e não de sólidos carreados pela precipitação. Apesar disso, a precipitação foi capaz de reduzir a turbidez, as BGA em 100% e aumentar o OD da água.

Parâmetros	5			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	19,08 ± 2,73	4	18,35 ± 1,70
pH	6	6,19 ± 0,61	4	6,11 ± 0,19
OD (mg/L)	6	6,81 ± 0,64	4	7,38 ± 0,79
CE (μS/cm)	6	225,60 ± 25,20	4	229,75 ± 20,79
SDT (mg/L)	6	146,20 ± 16,75	4	149,00 ± 13,34
BGA (cel/ml)	6	3,79 x 10 ⁴ ± 8,48 x 10 ⁴	4	0 ± 0
Turbidez (UNT)	6	12,37 ± 20,67	4	3,70 ± 0,86
P _{tot} (mg/L)	6	0,43 ± 0,19	4	0,55 ± 0,15
P _{inorg} (mg/L)	6	0,35 ± 0,20	4	0,41 ± 0,12
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	6	1,15 ± 0,95	4	2,61 ± 1,52
CT (UFC/100 ml)	6	1,15 x 10 ⁵ ± 5,95 x 10 ⁴	4	1,26 x 10 ⁵ ± 8,92 x 10 ⁴
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	2,14 x 10 ⁴ ± 1,76 x 10 ⁴	4	6,27 x 10 ⁴ ± 5,02 x 10 ⁴
COT (mg/L)	6	9,40 ± 1,17	4	5,04 ± 0,62

Tabela 8: Média dos resultados do ponto 5 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

No ponto de coleta 6, os parâmetros *E. coli*, P_{tot} , $N\text{-NO}_3^-$ e OD em desconformidade com a legislação. Dessa forma, esse ponto foi considerado como impróprio para atividade de contato primário.

Apesar disso, a precipitação foi suficiente para diluir os poluentes em cerca de 70%. Os parâmetros que mais sofreram redução foram o CT em 76,7% a menos e o *E. coli* em 75%. Com isso, o OD teve um aumento de mais de 200%. A alta temperatura e concentração de nutrientes favoreceram o crescimento de BGA durante o período seco. Já no período chuvoso, a alta turbidez bloqueando parte da luminosidade, ocorreu a sua redução. No início do período de amostragem as coletas eram realizadas na nascente do arroio da Ronda, porém, com o intuito de obter um ponto com uma maior bacia de drenagem, optou-se por alterar o local de coleta. Por esse motivo têm-se um número reduzido de amostras do período chuvoso comparado aos demais pontos.

Parâmetros	6			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	19,04 ± 2,64	2	19,55 ± 1,77
pH	6	6,45 ± 0,50	2	6,30 ± 0,41
OD (mg/L)	6	2,66 ± 1,25	2	8,70 ± 0,78
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	6	244,60 ± 22,14	2	191,50 ± 0,71
SDT (mg/L)	6	158,40 ± 14,33	2	124,00 ± 0
BGA (cel/ml)	6	4,49 x 10 ⁴ ± 3,39 x 10 ⁴	2	3,52 x 10 ⁴ ± 4,98 x 10 ⁴
Turbidez (UNT)	6	10,82 ± 2,43	2	18,57 ± 16,67
P_{tot} (mg/L)	6	0,76 ± 0,30	2	0,27 ± 0,04
P_{inorg} (mg/L)	6	0,55 ± 0,26	2	0,20 ± 0,03
$N\text{-NH}_4^+$ (mg/L)	6	3,41 ± 1,84	2	0,86 ± 0,09
CT (UFC/100 ml)	6	5,02 x 10 ⁵ ± 4,73 x 10 ⁵	2	1,17 x 10 ⁵ ± 1,17 x 10 ⁵
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	2,14 x 10 ⁵ ± 2,13 x 10 ⁵	2	5,35 x 10 ⁴ ± 6,58 x 10 ⁴
COT (mg/L)	6	5,61 ± 5,20	2	1,61 ± 1,93

Tabela 9: Média dos resultados do ponto 6 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

3.8 Sub-bacia do arroio Lajeado Grande – Ponto 7 e 8.

O ponto 7 apresentou o *E. coli*, o P_{tot} e o $N\text{-NO}_3^-$ como parâmetros em desconformidade com a legislação (Tabela 10). Os resultados obtidos durante as coletas para o *E. coli* ficaram acima de 2000 UFC/100 ml, portanto, o arroio está inapropriado para qualquer tipo de recreação de contato primário.

A precipitação teve efeito diluidor da poluição e causou o aumento da concentração de OD na água. A quantidade de SDT praticamente não sofreu alteração do período seco para o chuvoso. Isso pode ter ocorrido devido ao ponto de coleta apresentar muita vegetação ao redor.

Parâmetros	7			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	20,55 ± 2,05	4	19,88 ± 1,80
pH	6	6,38 ± 0,47	4	6,45 ± 0,24
OD (mg/L)	6	5,47 ± 0,77	4	6,88 ± 0,47
CE (μS/cm)	6	230,83 ± 19,85	4	229,00 ± 16,79
SDT (mg/L)	6	149,50 ± 12,88	4	148,50 ± 11,12
BGA (cel/ml)	6	1,82 x 10 ³ ± 4,46 x 10 ³	4	0 ± 0
Turbidez (UNT)	6	5,96 ± 3,86	4	4,30 ± 1,02
P _{tot} (mg/L)	6	0,45 ± 0,08	4	0,38 ± 0,13
P _{inorg} (mg/L)	6	0,33 ± 0,10	4	0,26 ± 0,11
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	6	3,23 ± 0,90	4	2,38 ± 1,06
CT (UFC/100 ml)	6	2,87 x 10 ⁵ ± 2,55 x 10 ⁵	4	7,65 x 10 ⁴ ± 8,51 x 10 ⁴
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	8,83 x 10 ⁴ ± 6,56 x 10 ⁴	4	3,40 x 10 ⁴ ± 4,41 x 10 ⁴
COT (mg/L)	6	12,63 ± 0,86	4	5,95 ± 1,17

Tabela 10: Média dos resultados do ponto 7 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

O ponto 8 apresentou um média de OD abaixo de 5 mg/L, o qual é o valor mínimo imposto legislação (Tabela 11). Outros parâmetros que também se mostraram fora do limite foram: *E. coli*, P_{tot}, N-NH₄⁺ e COT. Assim como todos os pontos anteriores, os resultados de *E. coli* encontrou-se acima de 2000 UFC/100 ml. Logo, a qualidade da água nesse ponto também está imprópria para atividades de contato primário.

Parâmetros	8			
	Período Seco		Período Chuvoso	
	N	$\bar{X} \pm SD$	N	$\bar{X} \pm SD$
Temp. da água (°C)	6	20,48 ± 1,55	4	20,45 ± 1,09
pH	6	6,18 ± 0,62	4	5,95 ± 0,04
OD (mg/L)	6	3,04 ± 0,11	4	5,10 ± 1,32
CE (μS/cm)	6	477,50 ± 37,01	4	366,50 ± 74,13
SDT (mg/L)	6	310,17 ± 24,18	4	237,75 ± 48,32
BGA (cel/ml)	6	5,96 x 10 ⁴ ± 7,84 x 10 ⁴	4	2,19 x 10 ⁴ ± 1,38 x 10 ⁴
Turbidez (UNT)	6	34,08 ± 30,60	4	17,67 ± 3,66
P _{tot} (mg/L)	6	1,16 ± 1,06	4	0,76 ± 0,34
P _{inorg} (mg/L)	6	0,87 ± 0,89	4	0,53 ± 0,24
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	6	9,68 ± 4,33	4	5,58 ± 2,31
CT (UFC/100 ml)	6	4,48 x 10 ⁶ ± 4,49 x 10 ⁶	4	1,02 x 10 ⁶ ± 8,28 x 10 ⁵
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	6	1,40 x 10 ⁶ ± 1,34 x 10 ⁶	4	5,53 x 10 ⁵ ± 3,83 x 10 ⁵
COT (mg/L)	6	29,76 ± 12,53	4	13,74 ± 2,65

Tabela 11: Média dos resultados do ponto 8 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

Comparando entre si os resultados apresentados, pode-se perceber que, em todos os pontos de coleta, apenas os parâmetros turbidez e sólidos dissolvidos

totais apresentaram-se dentro do limite permitido pela resolução CONAMA nº 357. *Escherichia coli*, também em todos os pontos estudados, apresentou-se acima do valor máximo permitido por ambas resoluções CONAMA nº 357 e CONAMA nº 274.

4 | CONCLUSÃO

Os oito pontos estudados apresentaram alto índice de contaminação, principalmente com relação à contaminação por esgoto, devido ao alto nível de coliformes totais, *E. coli*, fósforo, amônia e nitrato presentes na água. Os únicos parâmetros que estão em acordo com o limite permitido são a turbidez e os sólidos dissolvidos totais. Devido a todos os pontos analisados apresentarem parâmetros acima do limite recomendado pela CONAMA nº 357 para classe 2, os arroios estudados estão fora do enquadramento indicado.

Foi possível observar que a precipitação e a temperatura do ar influenciaram nos resultados dos parâmetros. Em sua maioria, esses elementos climáticos causaram redução na concentração de poluentes e, conseqüentemente, aumentaram a qualidade da água superficial. Porém, essa melhora na qualidade da água não foi suficiente, e assim, manter os arroios dentro do enquadramento da classe 2.

É necessário que seja realizado um trabalho com a população, em conjunto com o poder municipal e a SANEPAR, para a conscientização dos perigos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal da Qualidade das Águas – Enquadramento**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-introducao.aspx#>>. Acesso em: 16 abril de 2018.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

BASSO, L. A.; MOREIRA, L. G. R.; PIZZATO, F. **A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS**. Geosul, v.26, n.52, pp.145-163, 2011.

BERTOLDO, F.; RIGHES, A. A.; MORTARI, S. R. **Qualidade da água em um afluente do arroio Cadena em Santa Maria – RS**. Disciplinarum Scientia - Ciências Naturais e Tecnológicas, v.5, n.1, pp.51-65, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000. **Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em 12 maio 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=357>>.

gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 12 maio 2018.

GRIECO, A. A.; FREGONESI, B. M.; TONANI, K. A. A.; SILVA, T. V.; CELERE, B. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I.; ALVES, R. I. S. **Diagnóstico espacial e temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil**. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol.12, n.2, pp.1-17, 2017.

LIBÂNIO, M.; LIBÂNIO, P. A. C.; COSTA, B. M. P.; VON SPERLING, E. **Avaliação da relevância do Carbono Orgânico Total como parâmetro de caracterização de águas de abastecimento**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, n.4, pp.41-55, 2000.

LOPES, F. W. A.; JÚNIOR, A. P. M.; **Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto Rio das Velhas – MG**. *HYGEIA: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v.6, n.11, pp.133-149, 2010.

MASSOUD, M. A. **Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index**. *Environmental monitoring and assessment*, v.184, n.7, pp.4151-4160, 2012.

MCQUEEN, D. J.; LEAN, D. R. S. **Influence of Water Temperature and Nitrogen to Phosphorus Ratios on the Dominance of Blue-Green Algae in Lake St. George, Ontario**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, v.44, n.3, pp.598-604, 1987.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n.1, pp.36-48, 2005.

NUCLEAM – Núcleo de Estudos em Meio Ambiente. **Educação Ambiental nas Sub-bacias Hidrográficas Urbanas de Ponta Grossa-PR**. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Folder de Educação Ambiental. Ponta Grossa, 2012.

PONTA GROSSA. Prefeitura Municipal. **Revisão do Plano Diretor em conformidade com as diretrizes da Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Ponta Grossa: 2016.

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antônio Marozzi Righetto (co-orientador)**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

SIMONELI, G. F. **Avaliação temporal da qualidade de água ao longo de um trecho do arroio da Ronda em Ponta Grossa - Paraná**. 2018. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. **Gerenciamento da drenagem urbana**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.7, n.1, pp.5-27, 2001.

VIRMANI, S. M. **The agricultural climate of the Hyderabad region in relation to crop planning**. Internal Report, Farming Systems Program. ICRISAT. Hyderabad, India, 1975.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1. Editora UFMG, 1996.

VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Ana Carolina Silva de Oliveira Lima

Universidade Castelo Branco, Faculdade de Ciências Biológicas
Centro de Pesquisa em Biologia
Rio de Janeiro - RJ

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Universidade Castelo Branco, Faculdade de Ciências Biológicas
Centro de Pesquisa em Biologia
Rio de Janeiro - RJ

RESUMO: A Lagoa de Jacarepaguá ao longo dos anos vem sendo um reservatório de esgotos industriais e domésticos, devido às aglomerações urbanas e à crescente atividade humana e, sobretudo, à deficiência do tratamento e instalações inadequadas de redes de esgoto. O objetivo do estudo foi estabelecer um índice de qualidade de água (IQA) através dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, além de aferir a existência ou não de toxicidade. O monitoramento foi efetuado com o auxílio de materiais fornecidos em parceria com o Projeto Observando os Rios da Fundação SOS Mata Atlântica para determinar o IQA e mediante os ensaios ecotoxicológicos fundamentados na ABNT-NBR 15088, com o bioindicador *Danio rerio*. As análises mostraram a prevalência de uma qualidade ruim das águas da Lagoa de Jacarepaguá e, apesar disso, não conferiu

efeito nocivo nos organismos testados.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação; Hipereutrofização; Monitoramento; Ecotoxicidade.

VERIFICATION OF THE WATER QUALITY INDEX OF THE COAST LAKE OF JACAREPAGUÁ IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: The Jacarepaguá Lagoon has been a reservoir of industrial and domestic sewage, due to urban agglomerations and increasing human activity and, above all, to inadequate sewage treatment and inadequate sewerage facilities. The objective of the study was to establish a water quality index (IQA) through physical, chemical and biological parameters, as well as to verify the existence or not of toxicity. The monitoring was done with the aid of materials supplied in partnership with the Project Observing the Rivers of the SOS Mata Atlântica Foundation to determine the IQA and through the ecotoxicological tests based on ABNT-NBR 15088, with the bioindicator *Danio rerio*. The analyzes showed the prevalence of poor water quality in the Jacarepaguá Lagoon and, in spite of that, did not confer any harmful effect on the tested organisms.

KEYWORDS: Degradation;

1 | INTRODUÇÃO

A Lagoa de Jacarepaguá está situada no bairro de Jacarepaguá na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro e integra-se ao Complexo Lagunar dessa região localizado entre os maciços costeiros da Tijuca e Pedra Branca, findando-se ao sul do Oceano Atlântico (MARQUES, 1984; WEBER, 2001).

A Lagoa de Jacarepaguá dispõe da maior área de contribuição hídrica em relação às lagoas que compõem o Complexo Lagunar, com cerca de 102,8 Km², ou seja, corresponde a 34,3% da drenagem de toda a Baixada (SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE, 1998; CARVALHO, 2017).

Em razão do advento da urbanização, a descarga de matéria orgânica aumentou em demasia, promovendo a poluição, eutrofização e deterioramento do ecossistema, causando impacto na função natural e social desempenhada pela Lagoa de Jacarepaguá: reprodução da diversidade biológica, captação e contenção de CO² e fonte de alimento (JUNK, 2013; CARVALHO, 2017).

Diante do exposto, tornou-se fundamental a monitoração limnológica para identificar as transformações bióticas e abióticas, de forma a promover propostas de manuseio mais adequado para viabilizar os recursos existentes futuramente (BARBOSA, 1994; MAROTTA *et al.* 2008).

Nesse contexto, diante da necessidade de um controle nos biosistemas hídricos, criou-se a ecotoxicologia aquática, uma ciência que estuda as consequências das substâncias químicas sobre os organismos vivos, investigando a toxicidade existente nas águas e sua interferência na esfera de vida do corpo d'água (POMPÊO *et al.*, 2015).

Objetiva-se com o trabalho determinar o índice da qualidade hídrica da Lagoa de Jacarepaguá através das análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

2 | METODOLOGIA

O monitoramento foi realizado a partir de coletas mensais de água superficial, no período de 08/2017 a 06/2018. O ponto amostral está localizado na colônia de pescadores da Lagoa de Jacarepaguá (S 22°59'4.4268" W 43°24'43.5492"). Os parâmetros físicos, químicos e microbiológico analisados foram temperatura do ar e da água, pH, turbidez, fosfato, nitrato, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes através de kit's específicos da LaMotte. Esses parâmetros foram utilizados para estabelecer o índice de qualidade de água (IQA).

Os ensaios ecotoxicológicos realizados foram do tipo agudo, de acordo com o

estabelecido pelas normas da ABNT 15088:2011, com a utilização do bioindicador *Danio rerio*. Nos ensaios ecotoxicológicos averigua-se a existência ou não de toxicidade no corpo hídrico, a fim de observar o efeito nocivo, ou seja, a letalidade dos peixes ao longo das 48 horas de experimento.



Figura 1: Margem da Lagoa de Jacarepaguá com intensa floração de cianobactérias.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o monitoramento da qualidade hídrica da Lagoa de Jacarepaguá foi possível verificar que os valores de turbidez variaram de 0 JTU a 100 JTU. Os valores de pH variaram de neutro (pH 7,0) a alcalino (pH 11,0). As concentrações de nitrato foram de 5,0 ppm enquanto para fosfato foi determinado 4,0 ppm. Os valores de oxigênio dissolvido e de DBO apresentaram-se na faixa de 0 ppm a 8,0 ppm, em 45% das amostras de O₂, e em 70% das amostras de DBO estava com valores abaixo de 4,0 ppm. Tal condição é considerada estressante para a sobrevivência dos organismos aquáticos. Todas as amostras foram positivas para a presença de coliformes termotolerantes. O IQA classificou em mais de 80% das análises como de péssima qualidade hídrica, o que ratifica a sua degradação com a ocorrência acentuada de cianobactérias.

Entretanto, nos ensaios ecotoxicológicos não foram observados efeitos tóxicos, ou seja, não ocorreu morte dos organismos testes, *Danio rerio*, submetidos às amostras de água da Lagoa de Jacarepaguá. O mesmo foi verificado por Pires (2017) nos testes utilizando *Daphnia similis*, nos quais também não foram observadas imobilidades ou letalidades dos microcrustáceos.

4 | CONCLUSÃO

A Lagoa de Jacarepaguá evidencia um deterioramento de sua qualidade hídrica devido aos lançamentos demasiados de resíduos de forma imprópria em suas águas. No entanto, os resultados dos ensaios ecotoxicológicos permite inferir que apesar dos impactos causados e de sua classificação como hipereutrófica, ainda é possível a existência de vida aquática. Fica também notório que o melhoramento da qualidade da água está diretamente relacionado com a necessidade de instalações adequadas de redes de esgotos, assim como a eficiência no tratamento dos efluentes, além de um gerenciamento ambiental efetivo na região.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2011. **NBR 15088: Ecotoxicologia aquática - toxicidade aguda - método de ensaio com peixes**. Rio de Janeiro.

BARBOSA, F. A. R. 1994. **Programa brasileiro para conservação e manejo de águas interiores: síntese das discussões**. Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu, v. 5, núm. 1, p. 211-222.

CARVALHO, R. P. B.; SILVA, A. J. O. 2017. **Análise multitemporal da qualidade da água da lagoa de Jacarepaguá (município do Rio de Janeiro, RJ)**. Revista UNIABEU, v.10, núm. 24.

JUNK, W.J. 2013. **O equilíbrio ambiental que vem das áreas úmidas**. Cuiabá: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas – INAU, Revista do Instituto Humanista Unisinos, v. 433, p. 6-10.

MAROTTA, H.; SANTOS, R.O.; ENRICH-PRAST. A. 2008. **Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais**. Ambiente & Sociedade. Campinas v. XI, p. 67-79.

MARQUES, J. S. 1984. **Estruturação do sistema ambiental da baixada de Jacarepaguá**. Geografia, São Paulo, v. 9, núm. 17-18, p. 187-194.

PIRES, L. C. A.; OLIVEIRA, A. C. P. 2017. **Monitoração da qualidade hídrica das lagoas de Jacarepaguá e Camorim através de ensaios ecotoxicológicos com *Daphnia similis***. 6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade.

POMPÊO, M.; SILVA, D. C. V. R.; PAIVA, T. C. B. 2015. **Ecologia de reservatórios e interfaces. A ecotoxicologia no contexto atual no Brasil**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, cap. 22, p. 340-353.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE - SMAC. 1998. Prefeitura do Rio de Janeiro. **Estudo de impacto ambiental para o projeto de recuperação ambiental da macrobacia de Jacarepaguá**. Rio de Janeiro: SMAC, 116 p.

SOS MATA ATLÂNTICA. 2017. **Observando os rios**. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/>>. Acesso em: 17/08/2017.

WEBER, W. 2001. **Ambientes das águas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Projeto PLANÁGUA SEMADS/ GTZ, 230 p.

POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (*NICOTIANA TABACUM*) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA

Magda Regina Santiago

Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental, São Paulo – SP

Lígia Maria Salvo

Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Ciências Biomédicas, São Paulo, SP

RESUMO: O caráter ecotoxicológico para organismos não alvo dos produtos comerciais de venda livre à base de ingredientes naturais vegetais para agricultura orgânica apresenta raros estudos no Brasil. Por este motivo elencamos os produtos mais utilizados para controle de lagartas e pulgões em hortas e jardinagem, testando-se produto comercial à base de pó de fumo (*Nicotiana tabacum*). Para ensaios sobre a poluição das águas e de substâncias químicas a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD e a Organização Internacional para Padronização - ISO preconizam o zebrafish (*Danio rerio*). Objetivamos analisar e comparar a toxicidade aguda em zebrafish de produtos comerciais à base de pó de fumo analisados no Laboratório de Toxicologia do Instituto Biológico da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo nos últimos nove anos. A sobrevivência dos peixes nos quais os

produtos foram testados foi afetada. Portanto, destacamos a importância de não aplicar o produto comercial próximo às áreas de lagos e lagoas, entretanto, devido ao pó de fumo ser de amplo uso em agricultura orgânica, salientamos que são necessárias mais pesquisas com produtos comerciais que utilizam este ingrediente ativo, pois podem prejudicar a fauna benéfica e a cadeia alimentar, incluindo peixes, devido a sua composição ou forma de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: zebrafish; *Danio rerio*; toxicidade de *Nicotiana tabacum*

POTENTIAL FOR CONTAMINATION OF WATER RESOURCES AND TOXICITY OF TOBACCO (*NICOTIANA TABACUM*) BASED COMMERCIAL PRODUCTS USED IN ORGANIC AGRICULTURE

ABSTRACT: The ecotoxicological character for non-target organisms from commercial over-the-counter products based on natural plant ingredients for organic agriculture presents rare studies in Brazil. For this reason we list the most used products for caterpillars and aphids control in garden and gardening, testing a commercial product based on tobacco dust (*Nicotiana tabacum*). For tests on water pollution and chemical substances, the Brazilian Association

of Technical Standards - ABNT, the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and the International Organization for Standardization (ISO) recommend zebrafish (*Danio rerio*). We aimed to analyze and compare the acute zebrafish toxicity of commercial tobacco dust based products analyzed at the Toxicology Laboratory of the Biological Institute of the Agriculture and Supply Secretariat of the State of São Paulo in the last nine years. The survival of the fish in which the products were tested was affected. Therefore, we emphasize the importance of not applying the commercial product near the areas of lakes and ponds; however, because the tobacco is widely used in organic agriculture, we emphasize that more research is needed with commercial products that use this active ingredient, since may adversely affect beneficial fauna and the food chain, including fish, due to their composition or application.

KEYWORDS: zebrafish; *Danio rerio*; toxicity of *Nicotiana tabacum*

1 | INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira segue um modelo de produção que emprega fortemente agrotóxicos, esta utilização indiscriminada, prejudica o equilíbrio ecológico, afetando a biodiversidade, a saúde humana e a qualidade ambiental como um todo (ABRASCO, 2015; CARVALHO *et al.*, 2006). Todavia, os métodos de manejo de integrado de pragas (MIP), incluindo o uso racional de pesticidas, e otimização da conservação dos recursos hídricos são amplamente debatidos na pesquisa científica (SCHIAVINI; CARDOSO; RODRIGUES, 2011).

A produção agrícola mundial na atualidade está ainda relacionada à invenção e descoberta de novos pesticidas, também denominados defensivos agrícolas, produto fitossanitários, inseticidas, fungicidas, herbicidas ou agrotóxicos.

Entretanto, ao nível nacional, a prática de controle químico de pragas agrícolas, principalmente nas duas últimas décadas, vem sendo repensada devido à resistência dos insetos às moléculas de pesticidas, ocasionada pelo uso abusivo e repetitivo de vários produtos fitossanitários e novas espécies de insetos introduzidas com novos cultivos pelos agricultores. Há maior preocupação com o ambiente, especialmente com a qualidade ambiental dependente da conservação dos recursos hídricos como responsável pela manutenção das comunidades e ecossistemas, incluindo o Homem. Portanto, este olhar para a conservação da biodiversidade vem sinalizando às empresas multinacionais e nacionais que novas técnicas de produção no campo precisam ser adotadas, como por exemplo o manejo integrado de pragas, conhecido há aproximadamente 40 anos, que vem sendo incentivado com maior ênfase atualmente também pelas empresas produtoras de agrotóxicos. O manejo integrado de pragas envolve, além do controle químico com alternância de ingredientes ativos, o uso de inimigos naturais (que podem ser outros insetos, ácaros, plantas ou microrganismos) que são produzidos em grandes quantidades por laboratórios especializados em

controle biológico e liberados nas plantações e, também, medidas culturais como rotação de culturas (que é o plantio de diferentes famílias de plantas em épocas consecutivas na mesma área), controle da umidade do solo, por exemplo, usando o método de irrigação mais adequado a determinado cultivo, dentre outras. Essas técnicas conduzem ao uso racional da terra, fruto da crescente preocupação com a toxicidade dos produtos fitossanitários sintéticos e uma tendência técnica atual ao uso de produtos à base de ingredientes ativos naturais para o controle de pragas (FORIM *et al* 2010).

Porém, a História é cíclica também na área de controle de pragas: para o controle de plantas daninhas que surgiam no meio das plantações de trigo os romanos utilizavam o sal, bem como queimavam o enxofre para controlar com a sua fumaça os pulgões da cultura. Já, o arsênio adicionado à água era utilizado pelos chineses para controle de insetos no século XIX (BOHMONT, 1981 *apud* CHAIM, 1999). Na década de 1930 extraía-se o piretro da flor do crisântemo e a nicotina do fumo que são produtos orgânicos e os outros produtos inorgânicos como o arsênio e enxofre continuavam a ser usados e ainda o mercúrio era usado para o controle de insetos. Na II Guerra Mundial, foram introduzidas novas substâncias com a síntese do gás mostarda e do gás-de-nervos (organofosfatos), utilizados como armas químicas por alemães e americanos para desfolhamento das florestas tropicais, o que auxiliava na busca dos inimigos. Daí em diante, os pesticidas eram sintetizados com cadeias ou anéis mais ou menos extensos de átomos de carbono, juntamente com outros elementos químicos, principalmente o fósforo, enxofre, nitrogênio e o cloro (BULL; HATHAWAY, 1986). Posteriormente, foi sintetizado o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT), utilizado na II Guerra para controle de piolhos, carrapatos e outros vetores de microrganismos agentes etiológicos de doenças, como o tifo, em soldados ingleses e americanos. Esse composto foi sintetizado por Ottmar Zeidler, químico alemão, em 1872 e teve a confirmação de sua forte ação pesticida em 1939, pelo químico suíço Paul Muller que ganhou o prêmio Nobel de Medicina em 1948, graças a pesquisa descobrindo a eficiência do DDT para a erradicação de vários artrópodes, com destaque para insetos e carrapatos, para prevenir as doenças perigosas transmitidas pelos mesmos. Por exemplo, o emprego do DDT contra o mosquito anófeles (transmissor do agente causal da malária) salvou a vida de milhões de pessoas desde o final dos anos 1940. O DDT foi utilizado no combate a outras doenças transmitidas por insetos vetores, como a febre amarela, encefalite e outras. Apesar destes benefícios, na década de 1960 houve uma grande movimentação para a proteção ambiental, pois a degradação do DDT é muito lenta e sendo lipossolúvel se acumula nas gorduras dos animais e Homem, além de haver uma tendência indubitável de se espalhar por todo o globo terrestre, pois também 50% de agrotóxicos pulverizados permanecem algum tempo no ar e chegam a longas distâncias da plantação, em ambientes naturais. A degradação lenta deste inseticida no meio ambiente, é responsável pela sua proibição no Brasil e muitos outros países, uma vez que os organoclorados, grupo químico do DDT, interferem na

produção de estrógenos, que são os hormônios da reprodução (CARRARO, 1997).

Novas gerações de produtos químicos continuaram a ser desenvolvidas com eficiência agrônômica, como os organofosforados e carbamatos, e mais recentemente os piretroides e neonicotinoides, mas geralmente com toxicidade ao sistema nervoso central de insetos não alvo e mamíferos.

Os inseticidas com princípios ativos vegetais tem tido boa aceitação como alternativa aos inseticidas sintéticos para o manejo de pragas, uma vez que são caracterizados frequentemente por apresentarem poucos problemas ao ambiente ou à Saúde Pública. A literatura científica, abordando produtos botânicos para o controle de insetos vem crescendo, ainda versando sobre um pequeno número de produtos comerciais, que são correntemente utilizados na agricultura dos países industrializados (ISMAN, 2006, AHMAD; ANSARI, 2011). Mas, os produtos comerciais de uso na agricultura orgânica precisam ser mais estudados do ponto de vista da ecotoxicidade, uma vez que o produto formulado pode apresentar maior toxicidade que o ingrediente ativo puro (BEVILACQUA; SUFFREDINI; BERNARDI, 2008).

Os produtos comerciais de venda livre à base de ingredientes naturais vegetais para agricultura orgânica são pouco estudados no Brasil do ponto de vista da ecotoxicidade. Dentre os principais usados na agricultura orgânica destaca-se o pó de fumo (*Nicotiana tabacum*) do qual o mais importante princípio ativo é a nicotina, mas a planta possui outros compostos muito tóxicos, como, terebintina, formol, amônia, naftalina (CEBRID/UNIFESP, 2014).

Na agricultura orgânica por definição não se utiliza nenhum agrotóxico químico, porém, na legislação nacional brasileira é permitida a industrialização e comercialização de alguns produtos comerciais botânicos “naturais”, que podem conter em sua formulação solventes ou adjuvantes que contém anéis aromáticos de carbono e, como mencionamos, estas formulações de venda livre que trazem como recomendação de rótulo para uso na agricultura orgânica não tem necessidade de registro em todos os órgãos que os agrotóxicos comuns são avaliados, podem ser mais tóxicas para o solo e água que a calda de fumo totalmente natural tradicionalmente usada em agricultura orgânica desde o surgimento desta há mais de 5 décadas sem comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas por lixiviação ou percolação e sem desequilibrar as comunidades do solo.

2 | OBJETIVO

Nosso objetivo foi comparar e discutir a toxicidade de formulações comerciais à base de fumo, de venda livre no comércio, ou seja, que não necessitam de receituário agrônômico para aquisição.

3 | METODOLOGIA

Realizamos experimentos caracterizado por ensaio da NBR 15088 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. O zebrafish ou peixe zebra (*Danio rerio*) é preconizado pela Organização para o Desenvolvimento Econômico (OECD), Organização Internacional para Padronização (ISO) e Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT para ensaios de poluição das águas e toxicidade de substâncias químicas.

Utilizamos um produto comercial sólido à base de pó de fumo e comparamos a letalidade em zebrafish com dados de pesquisa da literatura estudando também a mortalidade com produto à base de fumo, mas, em spray.

Em um ensaio foi escolhido um dos produtos mais utilizados para controle de lagartas e pulgões em hortas e agricultura orgânica, sendo avaliado produto comercial à base de pó de fumo. O zebrafish (*D. rerio*) tem sido muito usado em estudos de farmacologia, biotecnologia, bioquímica, biologia do comportamento e toxicologia (ZORZETTO; GUIMARÃES, 2013), porque apresenta pequeno tamanho, 70% de semelhança com o genoma humano, resistência, sendo os ovos transparentes, desenvolvimento dos embriões externo ao corpo do peixe fêmea, é de fácil criação e baixo custo quando comparado a outros animais de laboratório, devido a estas características tem sido alvo de pesquisas em diversos países.

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Toxicologia do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental do Instituto Biológico, São Paulo, SP, Brasil. Peixes zebra com idade aproximada de 5 meses, adquiridos em loja especializada atacadista, foram previamente aclimatados por 15 dias, conforme ABNT (2006).

Após a aclimação em laboratório, preparamos uma calda com 25g do produto comercial misturado a 250mL de água deionizada aquecida até a fervura; esta infusão foi deixada ao abrigo da luz por 5 dias, sendo agitada manualmente por alguns segundos, diariamente. No 5º dia a suspensão foi coada e ao filtrado foram adicionados 25mL de etanol, conforme orientação do fabricante, a seguir foi realizado o ensaio com os peixes. À suspensão coada contendo o produto, chamamos de calda, que foi transferida por pipeta graduada de 10mL e distribuída em aquários contendo 2 L de água deionizada; consideramos os tratamentos: T_0 = controle; T_1 = 3,0 mL calda.L⁻¹; T_2 = 5,0 mLcalda.L⁻¹; T_3 = 6,5 mLcalda.L⁻¹; T_4 = 8,5 mLcalda.L⁻¹; T_5 = 10,0 mLcalda.L⁻¹. A solução foi agitada com uma baqueta e os peixes foram transferidos através de uma rede. Os peixes zebrafish (*Danio rerio*) foram expostos por 48h; o ensaio realizado foi estático, portanto a solução teste (água + calda) e a água do aquário controle durante a duração deste ensaio não foi renovada por 48h, conforme ABNT (2006). Os tratamentos T_0 , T_1 , T_2 , T_3 e T_4 constaram de 6 replicatas e o tratamento T_5 teve 4 replicatas.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do experimento foi executada após 48h de exposição, porém após as primeiras duas horas já foi constatada mortalidade no tratamento $T_{5=}$ 10,0 mLcalda.L⁻¹.

Observou-se que nos tratamentos T_0 (controle), T_1 (3,0 mLcalda.L⁻¹) e T_2 (5,0 mLcalda.L⁻¹) não morreu nenhum peixe, mas em T_3 (6,5 mLcalda.L⁻¹) e T_4 (8,5 mLcalda.L⁻¹) houve mortalidade de 80% e em $T_5 = 10,0$ mLcalda.L⁻¹, houve 100% de mortalidade.

Pode ter havido sinergismo entre o produto comercial e o etanol prejudicando a sobrevivência dos peixes, porém, destacamos a importância de não aplicar o produto próximo às áreas de lagos e lagoas, entretanto, devido ao pó de fumo ser de amplo uso em agricultura orgânica, salientamos que são necessárias mais pesquisas com produtos comerciais que utilizam este ingrediente ativo, pois os adjuvantes usados podem tornar a formulação mais tóxica e prejudicar a fauna benéfica devido a sua composição ou forma de aplicação.

Destacamos outros ensaios realizados com produtos líquidos Pronto Uso – tipo “spray” (SANTIAGO; COSTA, 2014) pelo laboratório de toxicologia do Instituto Biológico, nos quais constatou-se toxicidade com o mesmo produto, mas em outra formulação, sendo detectada mortalidade dos peixes nas concentrações mais altas utilizadas (8,00mLProduto Comercial.L⁻¹ e 10,00mLPC.L⁻¹) e em outro ensaio também com “spray” foram constatados discreto aumento no movimento de abertura das brânquias e movimentos erráticos (descoordenados) dos animais com produto comercial de formulação para Pronto Uso com 4 aplicações do spray, estas 4 borrifadas foram equivalentes a 0,50mL do produto comercial (PC).L⁻¹ e foi observada letalidade na concentração de 3,25mL PC.L⁻¹ e superior (4,00mL PC.L⁻¹). Os produtos estudados não apresentavam nenhuma descrição da composição e nem os teores de *Nicotiana tabacum* no rótulo e não apresentavam bula, pois esta não é exigida para este tipo de produto.

“A exposição a produtos químicos tem um papel relevante na deterioração da saúde da vida livre e é um desafio para a ciência compreender a função dos produtos químicos desreguladores endócrinos no declínio da biodiversidade”(WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012).

5 | CONCLUSÕES

A poluição dos rios, contaminação da água subterrânea pela percolação dos pesticidas e adubos, erosão dos solos, desmatamentos indiscriminados e contaminação de alimentos com resíduos de agroquímicos, são as principais consequências ambientais da moderna agricultura. Os efeitos sociais são também muito preocupantes: destruição das pequenas unidades de produção agrícola baseadas no trabalho familiar, fortalecimento da monocultura que não contribui para distribuição equânime da renda

entre os agricultores, havendo aumento nas migrações no sentido campo-cidade (CARRARO, 1997, ABRASCO,2015). Nas cidades também há o desenvolvimento de hortas comunitárias em pequena escala, onde o uso desses produtos para controle de pragas em hortas especialmente pode comprometer além da qualidade do solo e da água também as hortaliças ingeridas pela população. É possível concluir que nestes casos os produtos formulados apresentam maior toxicidade que o fumo natural tradicionalmente usado na agricultura orgânica.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15088. Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com peixes. 2006. Solicitação nº 223566. Impresso em 07/04/2010.

ABRASCO, Dossiê – **Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1 - Agrotóxicos, Segurança Alimentar e Nutricional e Saúde.** Fernando Ferreira Carneiro (Org). Rio de Janeiro; São Paulo. ABRASCO, 2015. 624p. Disponível em: <http://www.abrasco.org.br/dossieagrototoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf>. Acesso em 21/07/2017

AHMAD, M.K.; ANSARI, B.A. 2011 Toxicology of nem based pesticide Azael to the embryo and fingerlings of zebrafish *Danio rerio* (Cyprinidae). **World Journal of Zoology**. v.6, n.1, p. 47-51.

BEVILACQUA, A.H.V.; SUFFREDINI, I.B.; BERNARDI, M.M. 2008 Toxicidade de nem, *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), em *Artemia* sp: comparação da preparação comercial e do óleo puro. **Rev. Inst. Ciênc. Saúde**, v.26, n.2, p. 157-160.

BOHMONT, B. L. **The new pesticide user's guide**. Fort Collins: B. & K. Enterprises, 1981. 402 p. In: CHAIM, A. história da pulverização. 1999. Documento da Embrapa meio ambiente. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Chaim_historialD-Dcdtr0CVWI.pdf> Acesso em: 23/07/2017

BULL, D.; HATHAWAY, D. Pragas e Venenos - Agrotóxicos no Brasil e no Terceiro Mundo, 1. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1986. 235p. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=117446&indexSearch=ID>>.

CARVALHO, Y.M.C. et al. **Desafio para a gestão de bacia peri-urbana: transformar em serviço ambiental a produção da agricultura familiar**. In: Anais do V Encontro da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2006. CNPAT, EMBRAPA.

CARRARO, G. **Agrotóxico e meio ambiente: Uma proposta de Ensino de Química**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. Disponível em: <<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/agrototoxicos.pdf>> Acesso em: 23/07/2017

CEBRID. Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas (Site). Departamento de Psicobiologia - UNIFESP/EPM. 2014 Disponível em: <<http://www2.unifesp.br/dpsicobio/cebrid/questdrogas/tabaco.htm#2>> Acesso em 09/11/2014

FORIM, M. R. et al. 2010 Uso de CLAE no controle de qualidade em produtos comerciais de Nim: reprodutibilidade da ação inseticida. **Quím. Nova**, v.33, n.5, p.1082-1087. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n5/14.pdf>>. Acesso em 20/07/2017

ISMAN, B.M. 2006 Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and

increasing regulated world. **Ann. Rev. Entomol.**, v.51, p. 45-66.

SANTIAGO, M.R.; COSTA, A.R. **Journal of Research in Biology**, v.4, n.6, p. 1441-1443

SCHIAVINI, J.A.; CARDOSO, C.E.; RODRIGUES, W.C. Desreguladores endócrinos no meio ambiente e o uso de potenciais bioindicadores. Revista Eletrônica **TECCEN**, Vassouras, v. 4, n. 3, p. 33-48, 2011

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). State of the Science of endocrine disrupting chemicals 2012. Edited by BERGMAN, A.; HEINDEL, J.J.; JOBLING, S.; KIDD, K.A.; R. ZOELLER, R.T. Geneva, 2013. 38p.

ZORZETTO, R.; GUIMARÃES M. Um peixe modelo. **Pesquisa Fapesp** n. 209, p.16-21, jul, 2013. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/07/15/folheie-a-edicao-209/>>. Acesso em 22-01-2014

CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO

Carla Vieira Pontes

Universidade Federal do Paraná
Curitiba - Paraná

Talita Gantus de Oliveira

Universidade Federal do Paraná
Curitiba – Paraná

Vítor Pereira Faro

Universidade Federal do Paraná
Curitiba - Paraná

Roberta Bomfim Boszczowski

Universidade Federal do Paraná
Curitiba - Paraná

inundações urbanas, erosões, assoreamentos, tipos de lixo e noções sobre separação e descarte dos diversos tipos de resíduos sólidos urbanos. O presente trabalho teve como objetivo relatar a metodologia de elaboração e aplicação da cartilha em uma escola municipal próxima à uma comunidade em área de risco, além de promover a discussão sobre medidas educacionais mitigatórias de desastres ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: riscos geotécnicos, educação ambiental, cartilha infantil, extensão universitária.

RESUMO: Comunidades susceptíveis a desastres geotécnicos são, muitas vezes, desamparadas educacional, social e economicamente. Tendo em vista os três pilares de uma Universidade Pública – Ensino, Pesquisa e Extensão –, o Grupo de Estudos em Geotecnia da Universidade Federal do Paraná (GEGEO-UFPR) desenvolveu o Projeto de Extensão GeoPrevenção, para conscientização de crianças e adultos residentes de áreas de riscos ambientais e geotécnicos. Para tanto, foi elaborada uma cartilha infantil intitulada Consciência Ambiental e Riscos Geotécnicos, na qual estão presentes definições e atividades sobre solo, encosta, infiltração, dinâmica de ocorrência de deslizamentos de terra e

1 | INTRODUÇÃO

Os deslizamentos de terra e as inundações urbanas são os desastres naturais mais frequentes no Brasil. A apropriação desigual do terreno, associada ao intenso e desassistido processo de urbanização brasileiro que iniciou-se no século XX, levaram, e ainda levam, grupos desfavorecidos intelectual, social e economicamente a ocuparem áreas de elevado risco geotécnico e, até mesmo, áreas de preservação ambiental (ROSA *et al*, 2015). Assim, nas cidades, movimentos de massa e inundações acometem, em sua grande maioria, populações socioeconomicamente vulneráveis.

A educação ambiental aplicada à

população residente em áreas de risco têm se mostrado eficaz na mitigação de acidentes geotécnicos, pois a realocação desses moradores para locais mais seguros é demorada – muitas vezes devido à burocracia que envolve a tomada de ações por parte do poder público. A implantação de obras que previnam movimentos de massa e alagamentos, tais como a adequação de cortes e aterros, a construção de muros de contenção e drenagens, também são inexistentes na grande parcela das comunidades residentes nesses locais. Assim, o entendimento por parte da população acerca da dinâmica e dos mecanismos que provocam os desastres geotécnicos, bem como as ações para evitá-los, surge como um meio eficaz de atenuar suas consequências.

Nessa linha de raciocínio, e entendendo o papel da Extensão Universitária na divulgação e implantação de ações pautadas no conhecimento técnico-científico adquiridos na Universidade na resolução de desafios da comunidade externa, o Grupo de Estudos em Geotecnia da Universidade Federal do Paraná (GEGEO-UFPR) desenvolveu uma cartilha infantil sobre consciência ambiental e riscos geotécnicos. A cartilha fez parte do Projeto de Extensão GeoPrevenção do GEGEO e seu objetivo principal é promover a conscientização de crianças e adultos sobre a interface ser humano, meio ambiente e Geotecnia.

Apresenta-se, a seguir, a metodologia de criação, os objetivos específicos e a aplicação da cartilha infantil Consciência Ambiental e Riscos Geotécnicos na comunidade externa.

2 | CONTEXTUALIZAÇÃO TEMÁTICA

2.1 Inundações e Movimentos de Massa na Área Urbana

Geotécnica e juridicamente – segundo a Lei 7.165, de 27 de agosto de 1996 –, áreas de risco geológico-geotécnico são aquelas passíveis a sediar ou ser atingida por um evento geológico-geotécnico natural ou induzido pela ação humana. Esses eventos podem causar prejuízos patrimoniais e perda de vidas humanas, principalmente em áreas de elevada concentração demográfica (Carvalho *et al.*, 2007).

Características geológicas, geomorfológicas e geotécnicas do terreno são importantes condicionantes para ocorrência de tais eventos. Todavia, ações antrópicas como a construção de residências em encostas declivosas por meio de métodos construtivos inadequados, a ocupação de terrenos nas áreas de planície de inundação dos rios, a disposição e o acúmulo de resíduos domésticos, comerciais e industriais em rios, bueiros e encostas, o assoreamento do canal fluvial, o desmatamento descontrolado e outros podem acelerar ou desencadear a deflagração de desastres ambientais, sejam deslizamentos de terra, inundações urbanas, erosões urbanas e assoreamento de rios (Carvalho *et al.*; 2007 e Bigarella; 2003).

2.2 Educação Ambiental e Extensão Universitária

O gerenciamento das áreas urbanas com elevada probabilidade de deslizamentos e inundações é ofício do poder público municipal. Mas, para manter um ambiente harmoniosamente equilibrado em seu caráter geológico-geotécnico e urbano, deve-se atentar para a importância da tomada de consciência da população envolvida para com a reflexão sobre o cuidado com ambiente em que se vive. Para tanto, a educação ambiental é uma exímia ferramenta a ser aplicada na sociedade.

Por meio da Extensão Universitária, as universidades podem exercer a mentoria na aplicação prática de conhecimentos técnico-científicos adquiridos por discentes e docentes na resolução ou mitigação de problemáticas, físicas ou conceituais, em alguma área da comunidade externa.

3 | METODOLOGIA

O Projeto de Extensão GeoPrevenção, como enunciado anteriormente, tem por objetivo promover a divulgação de conhecimento ambiental e geotécnico para além dos muros da Universidade de forma direta, a fim de integrar o ser humano na importante interface vida, solos, rochas e engenharia.

O primeiro produto do projeto é a cartilha infantil Consciência Ambiental e Riscos Geotécnicos, elaborada e aplicada durante o período de agosto de 2017 e maio de 2018.

3.1 Elaboração da Cartilha

A cartilha infantil aqui apresentada foi elaborada abordando temas relacionados à Geotecnia e ao meio ambiente, temática pouco difundida no Ensino Fundamental das escolas públicas brasileiras. Dentre alguns temas, estão: deslizamentos de terra, infiltração, ambientes impermeáveis e inundações urbanas, sistemas de drenagem urbana, erosão, assoreamento, separação de resíduos sólidos urbanos, compostagem de lixo orgânico e lixo rejeito especial.

Para tornar o texto compreensível para crianças, a cada palavra supostamente nova ou de difícil assimilação, adicionou-se o tópico “dicionário” com uma definição mais simples e didática da expressão, fomentando, por conseguinte, uma reflexão sobre o tema que está sendo discutindo.

Foram elaboradas, também, atividades de fixação ao longo do material para que o processo de aprendizagem fosse mais eficaz e divertido. São apresentadas atividades de colorir, enigma, recorte e colagem, caça-palavras, palavras cruzadas e enumeração de nomes e figuras.

Em linhas gerais, a cartilha é introduzida com a definição de solo, enfatizando-o como material de suporte à vida, à agricultura e às construções civis. Em seguida, definiu-se o conceito de taludes e encostas para posterior entendimento dos mecanismos

simplificados de deslizamento de terra e da importância de se evitar a construção de moradias precárias nesses relevos.

Acerca do conceito de deslizamentos de terra, abordou-se a influência da água das chuvas no solo, apresentando o conceito de percolação da água em meios porosos. A influência da erosão e o acúmulo de lixo orgânico nas encostas, e outros agravantes, também foram apresentados como fatores deflagradores de movimento de massa.

Consta no material didático a definição de infiltração no solo e a sua participação no ciclo hidrológico. Dessa maneira, foi possível associar o excesso de urbanização presente nas cidades – a maior causa da impermeabilização do solo – à ocorrência de inundações urbanas. Tal abordagem teve como referência principal o material produzido por Ana Cláudia Lelis e José Camapum de Carvalho (2012).

No que tange a erosão, processo natural e constante modificador da paisagem do relevo, atentou-se para as consequências da erosão acelerada pela ação humana (erosão antrópica) que, em excesso, pode acarretar em perda de nutrientes do solo, assoreamento de rios, deslizamentos de terra e formação de voçorocas. Práticas antrópicas podem acelerar o processo de erosão, provocando, no cenário urbano, acidentes por atuarem como agentes deflagradores de movimentos de massa e de inundações, segundo Bigarella (2003) e Carvalho *et al.* (2007).

Para elaboração da cartilha, estudantes e professores do curso de Engenharia Civil, do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, subárea Geotecnia, e do Programa de Pós Graduação em Geologia – membros do Grupo de Estudos em Geotecnia (GEGEO) e alunos da Universidade Federal do Paraná – uniram-se em reuniões presenciais para discussão e definição dos temas e atividades abordadas.

3.2 Aplicação da Cartilha

O presente projeto foi desenvolvido tendo como piloto a comunidade Vila Nova, pertencente à cidade de Colombo no estado do Paraná. Geomorfologicamente, a comunidade situa-se em uma região marcada por um relevo com formas de topos alongados e em cristas, vertentes retilinizadas e vales em “V”. Nas partes superiores, o perfil das montanhas é convexo e as inclinações são íngremes Mineropar (2006). O vale também é marcado pela presença de um córrego pertencente à bacia hidrográfica do Rio Atuba que conflita com a inexistência de esgotamento sanitário, o que condiciona o despejo de dejetos provenientes das moradias do seu entorno.

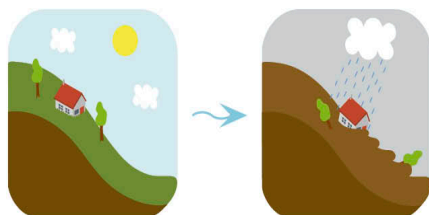
Marcada por um cenário onde ocorrem severas inundações, movimentações de massa gravitacionais e erosivas – principalmente em épocas de pluviosidade elevada –, acúmulo de resíduos e inexistência de esgotamento sanitário; e levando em consideração que a cartilha deve atuar na comunidade com o intuito de minimizar os impactos causados pela ação antrópica no terreno, salienta-se que a elaboração da cartilha realça o paralelismo existente entre os processos que acometem o local

e a temática abordada no material. É possível, desse modo, exemplificar os assuntos tratados no programa de conscientização ambiental e riscos geotécnicos com o próprio cenário da comunidade Vila Nova, como se vê da Figura 1 à Figura 3.

Deslizamentos de terra

Nos morros podem ocorrer deslizamentos, que são escorregamentos de terra, vegetação e até mesmo de rochas. Os deslizamentos destroem casas, mercados, lojas, estradas e ferem pessoas e animais.

Quando chove muito, parte da água que entra no solo se acumula e deixa ele mais pesado, causando o deslizamento. A erosão, o lixo acumulado e as construções irregulares também contribuem para a ocorrência de deslizamentos.



Dicionário

Irregular: aquilo que não é certo, que não segue as leis ou as regras.

página 12



Figura 1: À esquerda: temática «deslizamentos de terra» abordada na cartilha. À direita: deslizamento de terra na comunidade.

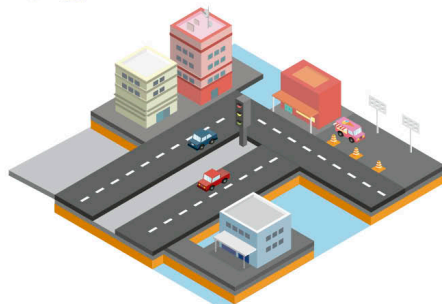


A infiltração e as enchentes

Para a água infiltrar é necessário que exista vegetação e não só construções nas cidades. Sistemas de drenagem, como bueiros sem lixo, também são importantes para o escoamento da água. Porque, se a água não tiver para onde ir, podem ocorrer enchentes e alagamentos nas cidades, prejudicando muitas casas.



Desenhe na figura abaixo elementos que possam prevenir enchentes nas cidades.



Dicionário

Drenagem: escoamento de água, por meio de tubos, bueiros, valas, etc., que são instalados na superfície do terreno e nas camadas subterrâneas.

página 14



Figura 2: À esquerda: temática “a infiltração e as enchentes” abordada na cartilha. À direita:

moradias da comunidade conflitantes com a várzea de inundação.

O lixo

Jogar o lixo fora das lixeiras é perigoso para nós. Além de causar doenças para pessoas e animais, no meio ambiente, o lixo causa a contaminação do solo, da água e do ar, inundações com o entupimento dos bueiros das ruas e, quando acumulado no topo dos morros, causa deslizamentos de terra.

O efeito do lixo nas encostas

O lixo acumulado forma o chorume e também ajuda na reprodução de mosquitos que transmitem doenças. O chorume decompõe a matéria orgânica do solo deixando ele mais instável, e o lixo aumenta o peso nas encostas podendo causar deslizamentos de terra.

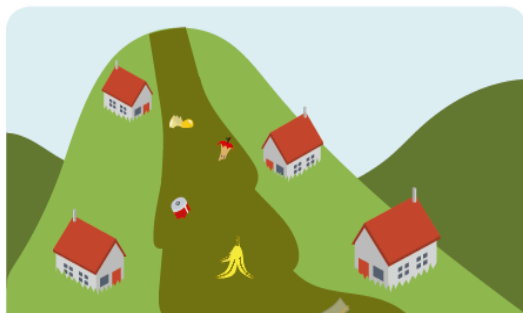


Figura 3: À esquerda: temática «o efeito do lixo nas encostas» abordada na cartilha. À direita: acúmulo de resíduo doméstico no sopé de uma encosta da comunidade.

A aplicação da cartilha foi realizada na Escola Municipal João Batista Stocco, próxima à comunidade Vila Nova, e direcionada a alunos do 3º, 4º e 5º ano do Ensino Fundamental, seguindo recomendações pedagógicas. Foi assegurado, junto às professoras, o manejo e a leitura do material como atividade escolar da disciplina Ciências, até o retorno dos integrantes do GEGEO para a realização de atividades práticas – experimentos e gincanas e assimilação dos temas propostos na cartilha (fase posterior do Projeto GeoPrevenção).

4 | RESULTADOS

4.1 Cartilha

A cartilha, bem como sua entrega aos alunos, fazem parte do produto final da primeira fase do projeto GeoPrevenção na Escola Municipal João Batista Stocco. Alguns trechos da cartilha Consciência Ambiental e Riscos Geotécnicos são apresentados na Figura 4.



Consciência Ambiental e Riscos Geotécnicos



CARTILHA GEGEO UFPR



Dicionário

Matéria Orgânica: restos de animais e vegetais em ambientes naturais (terrestres ou aquáticos).
Intemperismo: conjunto de processos que transformam as rochas em pedacinhos menores.

Deslizamentos de terra

Nos morros podem ocorrer deslizamentos, que são escorregamentos de terra, vegetação e até mesmo de rochas. Os deslizamentos destroem casas, mercados, lojas, estradas e ferem pessoas e animais.

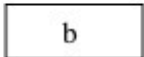
Quando chove muito, parte da água que entra no solo se acumula e deixa ele mais pesado, causando o deslizamento. A erosão, o lixo acumulado e as construções irregulares também contribuem para a ocorrência de deslizamentos.



Dicionário

Irregular: aquilo que não é certo, que não segue as leis ou as regras.

página 12

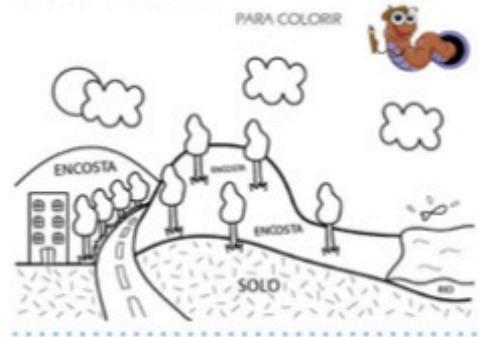


O que é solo e encosta?

O solo é a camada de terra na superfície do planeta Terra que é composta por minerais, água e matéria orgânica. Ele foi originado pelos processos de erosão ou intemperismo de uma rocha.

O solo é o habitat de vários seres vivos, como formigas e cupins, e armazena nutrientes para que possamos plantar nossos alimentos. Nele também construímos casas, prédios, escolas e todas as outras construções que conhecemos. Por isso é importante seu cuidado e preservação! A encosta é a superfície inclinada de uma montanha e é preenchida por solo ou rocha. As encostas também são conhecidas como morros ou taludes.

PARA COLORIR



Dicionário

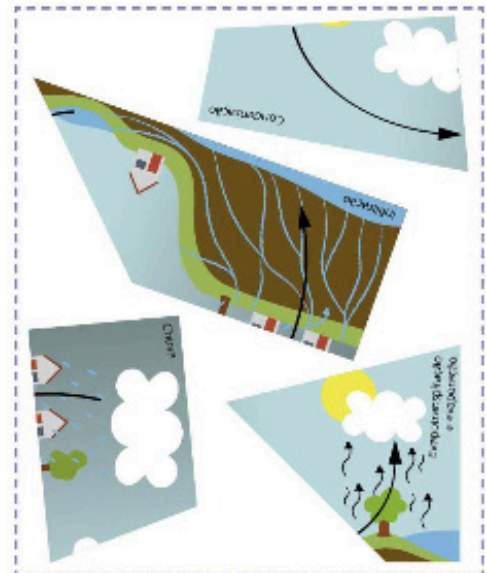
Habitat: área ecológica onde determinado espécie vive, se alimenta, se protege e encontra companheiros para se reproduzir.



Atividade

RECORTAR E COLAR

Recorte as figuras abaixo e cole no local indicado na página 13 formando o ciclo hidrológico.



página 13



Lixo Reciclável

O lixo reciclável é aquele que pode ser reutilizado para fazer outros materiais. Eles podem ser papéis, metais, plásticos ou vidros. Para que o lixo possa ser reutilizado ele precisa ser separado e colocado nos recipientes de Coleta Seletiva. Deposite o seu lixo em locais apropriados, como cestos, lixeiras e sacolas, para que ele seja coletado e transportado até um local onde não cause prejuízo à saúde e ao meio ambiente!

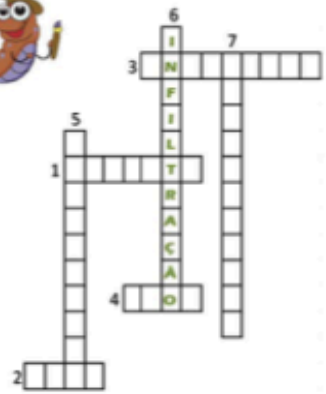


Ligue o lixo reciclável ou orgânico na lixeira correta:



PALAVRAS CRUZADAS

- Complete as palavras cruzadas de acordo com as frases abaixo:
- 1 - _____ é uma superfície inclinada, mais conhecida como morro.
 - 2 - O _____ é composto por minerais, água, e matéria orgânica.
 - 3 - Jogar lixo em locais errados podem causar _____.
 - 4 - A erosão pode causar o assoreamento de _____.
 - 5 - O lixo _____ deve ser separado dos outros para que possa ser reaproveitado.
 - 6 - O processo de água penetrando no solo é chamado de _____.
 - 7 - Evite o _____. O meio ambiente agradece!



RESPOSTA ENCOSTA SOLO INUNDACÃO RIOS RESOLVEM.
INFILTRACÃO DESPERDÍCIO

Figura 4: Cartilha Consciência Ambiental e Riscos Geotécnicos. (a) capa; (b) “O que é solo e encosta?”, (c) “Deslizamentos de terra”; (d) ciclo hidrológico: atividade recorte e colagem; (e) “Lixos recicláveis”; (f) palavras cruzadas.

4.2 Entrega do Material

A aplicação da cartilha na escola foi realizada pelos membros do GEGEO no dia em maio de 2018, durante período de aula dos alunos do 3º ao 5º ano. A metodologia de aplicação foi baseada no diálogo e na exposição do conteúdo presente na cartilha e pode ser observada na Figura 5.



Figura 5. Aplicação da cartilha na Escola Municipal João Batista Stocco.

No momento da distribuição do material às crianças, diálogos repletos de questionamentos aos alunos, como “vocês sabem o que é solo?” ou “vocês sabem quais são três tipos de lixo?” descontraíram o momento ao mesmo tempo em que instigaram a participação da turma.

Cerca de um mês após a aplicação da cartilha, foram realizadas aulas práticas abordando as temáticas propostas. Foram apresentados, como atividades lúdicas de fixação, um modelo reduzido de deslizamento de terra em uma encosta ocupada durante evento pluviométrico, filtros de argila e areia para assimilação do conceito de permeabilidade e de condutividade hidráulica dos solos (infiltração), uma gincana com noções sobre separação e descarte dos diversos tipos de resíduos sólidos urbanos.

4.3 Feedback do Projeto

Até o momento da elaboração do presente artigo, as respostas do corpo docente da Escola Municipal João Batista Stocco, via formulário *online*, quanto à importância, qualidade técnica e aplicabilidade da cartilha não foram obtidas.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a proposta do presente trabalho, o qual visa apresentar um plano de ação na elaboração de uma cartilha infantil de conscientização ambiental no que

diz respeito aos riscos geotécnicos a que as ocupações irregulares estão sujeitas, pretende-se que, numa esfera ainda crescente, as crianças sejam formadas de modo a entender parte da dinâmica natural do planeta Terra e a influência do ser humano nesses processos. A partir daí, toma-se consciência do nosso papel na gestão do espaço.

Ademais, este trabalho busca, também, atentar a academia para a importância da realização de projetos similares, trabalhando como veículo incentivador para que, num futuro próximo, adultos e crianças com fragilidade socioeconômica e educacional sejam instruídos sobre as causas, as consequências e as medidas mitigadoras de desastres socioambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos demais escritores da cartilha e integrantes do Grupo de Estudos em Geotecnia (GEGEO-UFPR). Agradecem, também, às ilustradoras Kiara Cabral e Taciane Alice Ramos que deram cor e alegria à cartilha. Faz-se necessário agradecer os pedagogos, Tatiana da Silva Bidinotto e Gregório D. Grisa, pelas contribuições didáticas ao longo do material.

REFERÊNCIAS

Bigarella, J. J. (2003). **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: editora UFSC.

Carvalho, C. S.; Macedo, E. S.; Ogura, A. T. (2007) **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: ministério das cidades.

Mineropar, M. do P. (2006) **Atlas geomorfológico do estado do Paraná - escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000**. Curitiba.

Rosa, T. S.; Mendonça, M. B.; Monteiro, T. G.; Souza, R. M., Lucena, R. (2015) **A educação ambiental como estratégia para redução de riscos socioambientais**. Ambiente e sociedade, Vol 18, nº 3, p. 211-230.

Lelis, A. C.; Carvalho, J. C de. (2012) **Cartilha meio ambiente: Infiltração**. Editora FT, Série Geotecnia UnB, Vol 3, Brasília, 52 p.

Carvalho, J. C de.; Diniz, N. C. (2007) **Cartilha erosão**. 3ª ed, FINATEC, Vol 3, Brasília, 34 p.

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Alison de Souza Norberto

Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, Pernambuco.

Rafaella de Moura Medeiros

Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, Pernambuco.

Maria Odete Holanda Mariano

Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, Pernambuco.

RESUMO: O presente trabalho realizará a avaliação do efeito de camadas de cobertura na estabilidade de aterro de resíduos sólidos urbanos. Onde serão utilizadas nesta pesquisa dados camadas de coberturas desenvolvidas por Almeida (2017), fazendo uso dos parâmetros e características reportados pelo autor. Os aterros sanitários avaliados serão o de Bandeirantes-SP (ITP, 1991) e o aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre (Strauss, 1998). Com estas definições serão feitas análises as análises utilizando *software SLOPE/W* (do GeoStudio Internacional 2018), em sua versão para estudante. Inicialmente serão avaliados taludes sem a presença da camada de cobertura, e sequencialmente serão avaliados os mesmos taludes com o acréscimo da camada de cobertura na análise de estabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Camadas de coberturas, Estabilidade de taludes, Aterros sanitários.

ABSTRACT: The present work will evaluate the effect of cover layers on the stability of urban solid waste landfill. Where will be used in this research data cover layers developed by Almeida (2017), making use of the parameters and characteristics reported by the author. The sanitary landfills evaluated will be Bandeirantes-SP (ITP, 1991) and the sanitary landfill of the Northern zone of Porto Alegre (Strauss, 1998). With these definitions, the analyzes will be made using *SLOPE/W* software (from GeoStudio Internacional 2018), in its student version. Initially, slopes will be evaluated without the presence of the cover layer, and sequentially the same slopes will be evaluated with the addition of the cover layer in the stability analysis.

KEYWORDS: Cover layers, Stability of slopes, Sanitary landfills.

1 | INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos está diretamente ligada ao crescimento populacional e ao poder aquisitivo da população, pode-se afirmar então, que quando o PIB aumenta a geração de resíduos conseqüentemente aumenta, o mesmo ocorre quando a reação oposta acontece. Diante disso, a disposição correta dos resíduos é um problema que se apresenta nos países que são subdesenvolvidos

ou encontram-se em desenvolvimento, devido principalmente ao custo de implantação e manutenção dos aterros sanitários.

Assim a necessidade de estabelecer critérios de segurança e riscos ambientais relacionados à operação dos aterros sanitários é de extrema importância. Um dos aspectos importantes na gestão de um aterro sanitário é a impermeabilização, das quais recentemente tem se destacado a camada de cobertura, que possui a função de isolar os resíduos do meio externo, controlar a entrada de água e ar para dentro do aterro, minimizar a erosão, controlar a emissão de gases e odores para a atmosfera (CATAPRETA, 2008; MARIANO, 2008).

Usualmente no Brasil a impermeabilização da cobertura dos aterros sanitários tem sido realizada com a execução de camadas de solo compactado na umidade ótima, preferencialmente, os solos argilosos. Podendo apresentar variações como: as camadas metanotróficas; as camadas intercaladas com solo natural argiloso e geossintéticos; as camadas evaporativas (LOPES, 2011).

Devido à heterogeneidade da massa de resíduos sólidos, as propriedades do talude do aterro diferem das de um talude de solo convencional, diferindo ainda durante o tempo através do processo de decomposição. Segundo Borgatto (2006), os escorregamentos em taludes são reflexos da redução da resistência interna do material do talude. Sabe-se que a estabilidade de taludes pode ser assegurada através da determinação dos parâmetros de resistência, coesão e ângulo de atrito interno dos RSU, a geometria adequada e as condições da fundação do aterro.

Com este respaldo, tem-se a necessidade de estudos que venham a abranger os diversos aspectos sobre aterros de resíduos sólidos urbanos. Existem diversos estudos nas literaturas tratando desde os efeitos ambientais e comportamentais em aterros de RSU. Um aspecto geotécnico de amplo estudo é sobre a estabilidade de taludes, onde várias considerações já foram feitas sobre este estudo.

No entanto, até então não foram realizadas avaliações na estabilidade de taludes de RSU que considerassem o possível efeito de reforço que as camadas de coberturas podem agregar ao mesmo.

Com este cenário, o presente trabalho realizará a avaliação do efeito de camadas de cobertura na estabilidade de aterro de resíduos sólidos urbanos. Serão utilizados para análises dois aterros sanitários apresentados em outras pesquisas ((ITP, 1991) e (STRAUSS, 1998)) e uma camada de cobertura (ALMEIDA, 2017).

2 | METODOLOGIA

2.1 Áreas de Estudo

Foram utilizados neste trabalho dados de aterros sanitários reportados pelas seguintes literaturas: ITP (1991) e Strauss (1998), os aspectos e características

importantes relativos aos aterros serão descritos nos itens seguintes.

2.1.1 Aterro sanitário de Bandeirantes – (ITP, 1991)

O Aterro Sanitário Bandeirantes, localizado no município de São Paulo, Rodovia dos Bandeirantes km 26 ocupava no ano de 1991 uma área de 817.333 m², operando com aproximadamente 5.500 toneladas de resíduos diariamente. Os resíduos eram dispostos em diferentes flancos denominados Aterro Sanitário.

O histórico caso do escorregamento deste aterro ocorreu em 24/06/1991 mobilizando aproximadamente 65.000 m³ de resíduos e atingindo uma área de 45.000 m² (Figura 1). O material mobilizado galgou a barragem de terra que estava em execução ficando o maior volume acumulado entre esta e o aterro da Rodovia dos Bandeirantes, atingindo uma altura de cerca de 15 m sobre o bueiro da rodovia.



Figura 1. Escorregamento do aterro de Bandeirantes em 1991, (ITP, 1991).

Neste trabalho será realizada a retro-análise do FS na ruptura deste aterro e posteriormente o efeito no FS do aterro com camada de cobertura de Almeida (2017).

2.1.2 Aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre – (STRAUSS, 1998)

Este aterro sanitário foi fruto da remediação de um antigo lixão, promovido pelo Departamento municipal de limpeza urbana de Porto Alegre. Sua célula possui uma altura de aproximadamente 26 m. Um dos principais inconvenientes da execução do projeto foi por a área se localizar em uma zona de solos altamente compreensíveis, argilas moles.

A área do aterro encontra-se numa região baixa, denominada várzea do Rio Gravataí. Está localizada na unidade de mapeamento Vacacaí, cujos solos predominantes são classificados como Planossolos.



Figura 2. Vista aérea do aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre, (Strauss, 1998).

Diferente do ocorrido no aterro de Bandeirantes, este aterro não veio a romper. Também será feita avaliação da estabilidade deste aterro nas situações sem e com camada de cobertura, para assim ter uma avaliação do comportamento da camada em situações distintas.

2.2 Geometrias dos taludes avaliados

Para entrada inicial das avaliações foi necessária a implementação inicial das geometrias dos taludes no *software GeoSlope/W*, em sua versão estudante.

As Figuras 3 e 4 representam a disposição do aterro de Bandeirantes e do aterro de Porto Alegre, respectivamente, nas quais são identificadas a camada de resíduos e a camada de solo.

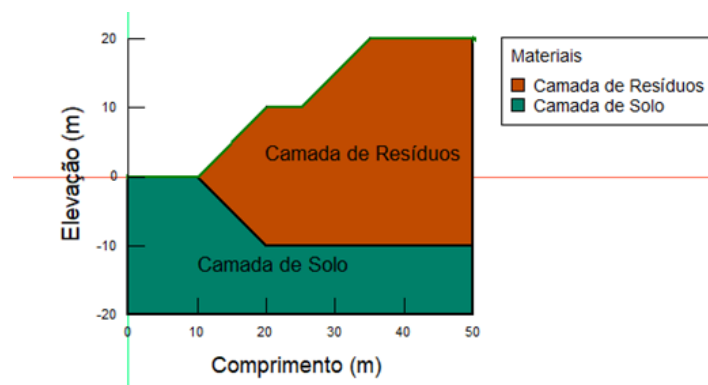


Figura 3. Geometria do aterro sanitário de Bandeirantes.

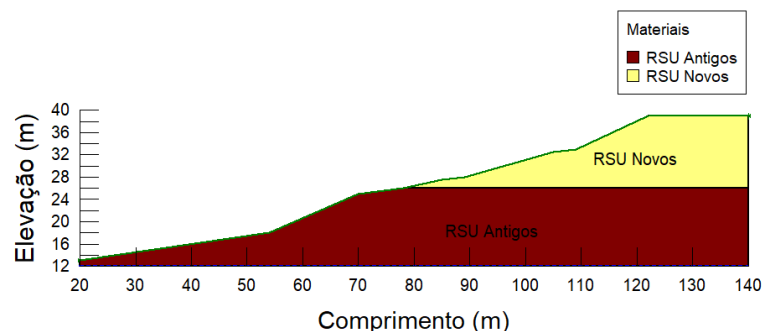


Figura 4. Geometria do aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre.

Com as geometrias estabelecidas o procedimento seguinte é a determinação dos parâmetros de resistência das camadas do item seguinte.

2.3 Parâmetros de resistência

Para executar a avaliação da estabilidade no GeoSlope são necessários os parâmetros: peso específico, ângulo de atrito e coesão. Os valores relativos aos aterros avaliados estão apresentando nas Tabelas 1 e 2.

Camadas	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
Camada de Resíduos	10	15	30
Camada de Solo	16	10	20

Tabela 1. Parâmetros de resistência das camadas de resíduos do aterro de Bandeirantes (ITP, 1991).

Camada de resíduos	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
RSU Novos	7,5	0	35
RSU Antigos	7,5	0	31

Tabela 2. Parâmetros de resistência das camadas de resíduos do aterro da zona norte de Porto Alegre (STRAUSS, 1998).

2.4 Linha piezométrica

A linha piezométrica que é a resultante da água de chuva percolada pela camada de cobertura e do chorume produzido pelo processo de decomposição de matéria orgânica, não foi apresentada em ambas as pesquisas. Como esta análise não está avaliando o efeito da mesma, será considerada uma condição de perfeita drenagem, sendo a linha piezométrica igual a zero.

2.5 Camada de cobertura

Para adoção dos parâmetros de resistência das camadas de cobertura foram utilizados os parâmetros apresentados por Almeida (2017) (Tabela 3). Esta camada é fruto da mistura de material granular (areias) com composto oxidativo, sendo assim chamada de camada oxidativa.

Camada de Cobertura	h (m)	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
Almeida (2017)	0,60	13,0	12,0	36,5

Tabela 3. Características das camadas de cobertura utilizadas.

2.6 Análise de estabilidade

As análises referentes à estabilidade dos taludes dos aterros de resíduos sólidos avaliados serão realizadas através do *software SLOPE/W*, da GeoSlope Internacional (2018), em sua versão de estudante.

Para a obtenção dos valores de FS (Fator de Segurança), foi utilizado o método que divide as superfícies dos taludes em fatias, presente no *software*. O método utilizado foi o Janbu Simplificado (1968), onde a resultante das forças é horizontal e considera os efeitos das forças tangenciais presentes. Segundo Santos *et al.* (2017) este método tende a apresentar FS inferiores comparados aos demais apresentados pelo *software*.

Serão feitas inicialmente as análises com ambas as geometrias sem as camadas de cobertura, e na sequência as avaliações com presença da camada de cobertura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Avaliação do FS sem a camada de cobertura

Como o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da camada de cobertura na estabilidade de talude, foram inicialmente realizadas modelagens de estabilidade dos aterros com suas configurações sem a presença da camada de cobertura. Os resultados destas avaliações estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

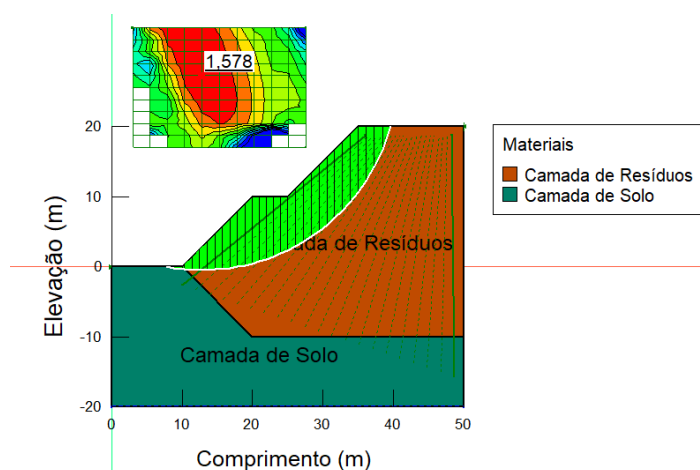


Figura 5. Avaliação da estabilidade do aterro de Bandeirantes sem a presença de camada de cobertura.

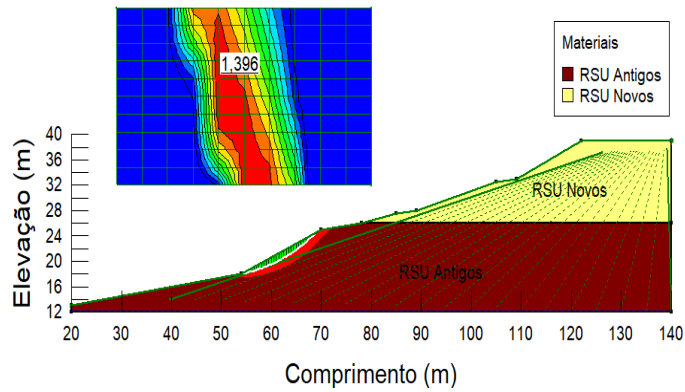


Figura 6. Avaliação da estabilidade do aterro de Porto Alegre sem a presença de camada de cobertura.

3.2 Avaliação do FS com a camada de cobertura

O procedimento seguinte consistiu em avaliar o efeito da presença da camada de cobertura nos aterros sanitários avaliados no item 3.1. Os resultados destas modelagens estão apresentados nas Figuras 7 e 8.

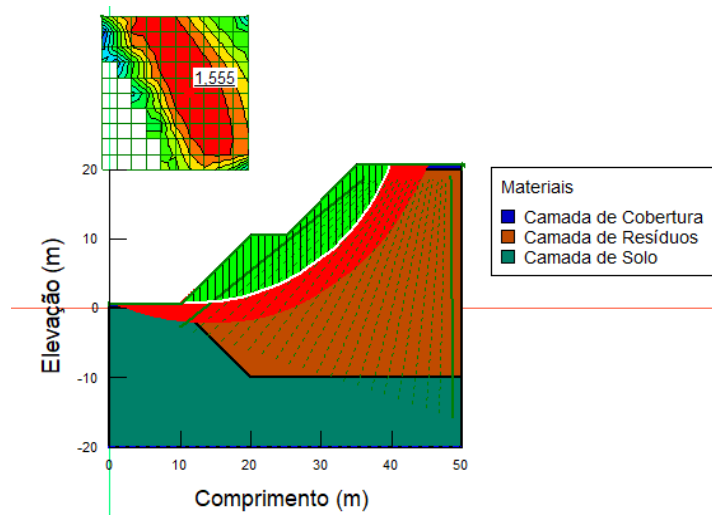


Figura 7. Avaliação da estabilidade do aterro de Bandeirantes com a presença de camada de cobertura.

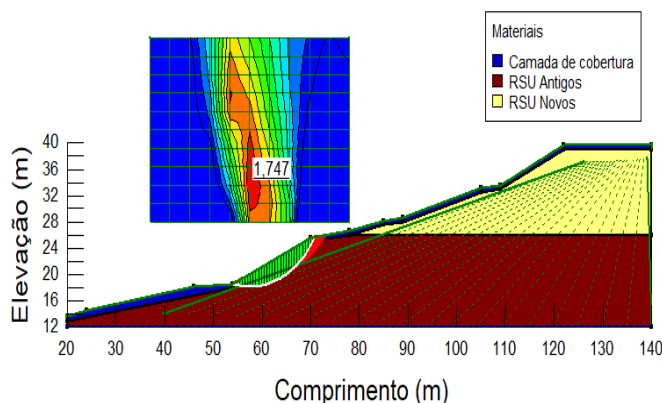


Figura 8. Avaliação da estabilidade do aterro de Porto Alegre com a presença de camada de cobertura.

3.3 Comparativo dos resultados

De acordo com as modelagens das situações apresentadas nos itens 3.1 e 3.2 do presente trabalho, são apresentados na Tabela 4 os resultados encontrados dos fatores de segurança para as situações com e sem a camada de cobertura.

Aterro Sanitário	FS (SEM camada de cobertura)	FS (COM camada de cobertura)
Bandeirantes	1,578	1,555
Porto Alegre	1,396	1,747

Tabela 4. Resultado comparativo dos resultados do FS para ambos os aterros nas duas condições.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, podemos perceber que para o Aterro Sanitário de Bandeirantes a situação do aterro sem a camada de cobertura apresenta um FS de 1,578, já com a inserção dos 60 cm de camada de cobertura o FS do aterro desce na ordem de 0,023. Tal fato pode ser explicado ao se analisar as propriedades do material da camada que é muito parecido com o presente entre no talude em termos de características geotécnicas, fazendo com que a parcela de solo adicionado não representasse significativo ganho de estabilidade e sim se comportasse como mais uma camada disposta no corpo do aterro.

Já para o aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre podemos verificar um ganho de 0,351 no FS, onde o mesmo foi de 1,396 para 1,747. Ao se analisar as propriedades da massa de resíduo e da camada de cobertura vemos que o peso específico da camada é superior ao da massa de resíduos, o que tende a gerar uma camada que tende a funcionar “empacotando” toda a massa, bem como a camada de cobertura apresenta características coesivas, o que não acontece com a massa de resíduo, $c = 0$, assim a mesma acrescenta uma parcela de estabilidade ao cisalhamento da massa.

4 | CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados no presente trabalho, pode-se concluir que a camada de cobertura tende a apresentar um aumento no fator de segurança. Para que se haja uma maior certeza sobre a verdadeira atuação da mesma na massa de resíduos é necessário à intensificação de estudos e análises, levando em conta principalmente as propriedades, como, peso específico, coesão e ângulo de atrito, bem como a espessura da camada a ser colocada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. J. G. A. **Avaliação do Desempenho das Camadas de Cobertura de Aterro Sanitário Para a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Dissertação de Mestrado – UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.
- BORGATTO, ANDRÉ VINÍCIUS AZEVEDO. **Estudo do Efeito Fibra e da Morfologia na Estabilidade de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2006.
- CATAPRETA, C. A. A. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação**. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG. Escola de Engenharia. 2008.
- LOPES, R. L. **Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de Aterros de Resíduos Sólidos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife. 2011.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Relatório nº. 29.956, Levantamento e análise das causas do escorregamento de massa de lixo no Aterro Bandeirantes – AS-1**. Perus, São Paulo, 1991.
- MARIANO, M. O. H. **Avaliação da retenção de gases em camadas de cobertura de aterro de resíduos sólido**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife. 2008.
- SANTOS, Y. R. P. ; SILVA, J. A. ; NORBERTO, A. S. ; COUTINHO, A. P. ; BELLO, M. I. M. C. V. . **Avaliação da Estabilidade dos Taludes das Margens do Riacho Camaragibe em Pernambuco**. In: Simpósio da Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro-Oeste, Goiânia - GO. IV GEOCENTRO,. p. 332-339, 2017.
- STRAUSS, M. **Análise de estabilidade de talude do aterro sanitário da zona norte de Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 1998.

AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Leonardo de Lima Moura

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE),
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Claudio Fernando Mahler

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE),
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

RESUMO: Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) são um problema atual em países em desenvolvimento, cujo gerenciamento incorreto pode gerar inúmeros problemas de saúde à população e prejuízos decorrentes ao estado. No presente estudo, apoiado em técnicas de pesquisa qualitativa, buscou-se avaliar o gerenciamento de RSS de um hospital por meio de entrevistas com a chefe e responsável pelo RSS e observação diária das atividades do hospital. Os resultados indicaram várias discrepâncias entre o discurso da profissional e o que foi observado. Além disso, notou-se desconhecimento da profissional em relação a características qualitativas e quantitativas do RSS o que impacta consideravelmente na implementação de um plano adequado de gerenciamento. Por meio destes resultados foi possível concluir que o sistema de

gerenciamento de RSS é deficiente o que aumenta consideravelmente o potencial risco destes resíduos ao meio ambiente e a saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de serviços de saúde; pesquisa qualitativa; hospital maternidade; entrevistas; avaliação.

ABSTRACT: Healthcare waste management (HCWM) is a current problem in developing countries whose incorrect management can lead to numerous health problems for the population and damage to the state. In the present study, supported by qualitative research techniques, we tried to evaluate HCWM in a hospital through interviews with the manager and responsible for HCWM and daily observation of the activities of the hospital. The results indicated several discrepancies between the professional discourse and what was observed. In addition, it was noticed that the professional was not aware of the healthcare waste's qualitative and quantitative characteristics, which has a considerable impact on the adequate management plan implementation. Through these results it was possible to conclude that the HCWM system is deficient, which considerably increases the potential risk to the environment and public health.

KEYWORDS: healthcare waste management; qualitative research; maternity; interviews;

1 | INTRODUÇÃO

O gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) se configura como um problema atual em muitos países em desenvolvimento já que estes lidam ao mesmo tempo com a maior expectativa da população e da demanda por serviços e com períodos de dificuldades financeiras, associados nestes países a falhas em diversas etapas do manejo dos RSS, principalmente no que se refere à segregação e disposição final adequada destes resíduos.

Apesar das práticas de gerenciamento de RSS variarem de país para país já que dependem de diversos fatores como: as condições sócio econômicas, os recursos humanos e financeiros disponíveis e as legislações existentes, uma das etapas primordiais para implementação de um processo adequado de gerenciamento de RSS é o conhecimento, por parte dos gestores, da quantidade de RSS gerada e sua composição.

Além disso, é indispensável que seja preconizado na instituição a adequada segregação dos RSS pelos profissionais de saúde já que caso os resíduos infectantes, devido as suas características patogênicas, não sejam manipulados de forma adequada, estes podem se configurar como potencial risco ao meio ambiente e à saúde pública (NOGUEIRA & GUASSU,2016).

Apesar disso, no Brasil o gerenciamento de RSS ainda se configura como um problema como demonstrado por Silva et al (2014), num estudo envolvendo 53 estabelecimentos de saúde, no qual observaram que procedimentos simples como a identificação das entradas dos abrigos e dos sacos plásticos não eram realizados na maior parte dos estabelecimentos. Além disso, num número considerável de instituições de saúde, os RSS eram armazenados diretamente sobre o piso.

Falhas como a descrita por Silva et al (2014) foram também observadas por Maders & Cunha (2015) num hospital de emergência de Macapá no qual destacaram a falta de infraestrutura adequada e de rotinas para o manejo dos RSS. Já André et al (2016) ressaltaram principalmente, num estudo realizado em estabelecimentos de saúde de Ribeirão Preto, o desconhecimento por parte dos gestores de RSS quanto aos resíduos gerados.

É importante destacar que o desconhecimento por parte dos profissionais responsáveis pelo gerenciamento de RSS impacta diretamente no processo de capacitação dos demais profissionais de saúde. Amarante et al (2016) destacam as falhas na formação acadêmica destes profissionais e a inexistência de cursos de aperfeiçoamento como as principais responsáveis para que haja contínuas falhas em todas as etapas do gerenciamento de RSS.

Ciente da importância de avaliar o conhecimento dos profissionais responsáveis

pelo gerenciamento de RSS acerca das práticas adotadas na instituição, o presente artigo buscou traçar um diagnóstico do gerenciamento de RSS através de uma pesquisa qualitativa envolvendo a utilização do instrumento intitulado Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde- Instrumento de avaliação rápida proposto pela OMS e cuja versão brasileira foi traduzida e validada por Silva (2011). Ao mesmo tempo, buscou-se por meio da pesquisa de campo, outra ferramenta usual da pesquisa qualitativa, analisar se as informações fornecidas pela profissional responsável pelo Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) e enfermeira chefe da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) responsável pela capacitação dos demais profissionais eram fidedignas ao que ocorria na prática.

2 | METODOLOGIA

A presente pesquisa pode ser classificada como qualitativa pois, segundo De Souza Minayo (2011), pesquisas qualitativas focam em questões muito específicas, voltadas para significados, aspirações, atitudes e pensamentos. Fatos estes que não podem ser facilmente operacionalizados por meio de variáveis. O caso da presente pesquisa compreendeu a avaliação do gerenciamento de RSS por meio de entrevistas e observação direta da rotina hospitalar.

Além disso, buscou atender algumas características destacadas por Stake (2016) como fundamentais para o estudo qualitativo:

1-Carater interpretativo: Os pesquisadores na execução do projeto de pesquisa buscaram interações com os profissionais envolvidos no gerenciamento de RSS, vivenciando suas realidades e baseando suas descobertas na interação com os mesmos;

2- Caráter experiencial: Por meio da inserção na rotina de trabalho dos profissionais de limpeza, os autores buscaram focar as percepções dos próprios profissionais envolvidos no manejo de RSS em relação as suas práticas por meio da observação direta, escuta e realização de entrevistas;

3-Carater situacional: O foco da pesquisa foi compreender as características referentes ao sistema de gerenciamento de RSS de uma maternidade e correlacionar com a percepção tanto dos profissionais de saúde quanto dos profissionais de limpeza daquela instituição.

4-Carater personalístico: Buscou analisar as percepções individuais de cada um dos profissionais analisados e por fim traçar um diagnóstico do gerenciamento de RSS frente estas percepções.

Segundo a divisão da pesquisa qualitativa descrita por De Souza Minayo (2011), o projeto de pesquisa foi dividido em três etapas: fase exploratória, pesquisa de campo e análise e tratamento do material documental.

Outro fator que destaca o caráter qualitativo da pesquisa apresentada é o fato desta ser descritiva, pois teve o intuito assim como salientado por Gibbs (2009) de

responder o questionamento “O que está ocorrendo aqui”. No caso da presente pesquisa analisar amplamente as características de um determinado grupo de análise, no caso o setor de gerenciamento de RSS de estabelecimentos de saúde. Para a escolha do método de pesquisa, utilizou-se como base o questionamento a que o artigo se propõe a responder que foi:

“Como é o processo de gerenciamento de RSS da instituição de saúde analisada frente à legislação vigente?”

Yin (2010) destaca que questões envolvendo “como” e “por que” apresentam característica de pesquisa mais explanatória, favorecendo a utilização de métodos como experimentos, pesquisas históricas e estudos de caso.

Como as pesquisas direcionadas à análise do gerenciamento de RSS têm como finalidade que as situações observadas no processo de gerenciamento sejam as mais fidedignas possíveis da rotina e o foco em situações contemporâneas é algo inerente do próprio objetivo destas pesquisas, a adoção da metodologia estudo de caso foi a mais indicada.

Para traçar este diagnóstico do conhecimento dos gestores acerca do gerenciamento de RSS, utilizou-se o instrumento intitulado Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde- Instrumento de avaliação rápida proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e cuja versão brasileira foi traduzida e validada por Silva (2011). Em virtude da abrangência deste instrumento, optou-se pelo uso apenas da ferramenta D que possui um escopo local e apresenta questionários voltados para obtenção de dados dos funcionários da instituição de saúde analisada, a saber: D-2 e D-3, ou seja gestor do estabelecimento de saúde, enfermeira chefe/Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) e responsável pelo Gerenciamento de RSS.

Para a realização de entrevistas, submeteu-se o projeto de pesquisa ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Rio de Janeiro e após a aprovação sob CAAE: 45388415.7.0000.5257 as entrevistas foram agendadas de acordo com a disponibilidade dos profissionais.

Antes do início das entrevistas, foi disponibilizado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o instrumento de coleta de dados para que o entrevistado pudesse realizar uma leitura prévia e sanar eventuais dúvidas. Os tópicos questionados foram colocados de forma aberta aos entrevistados sem que houvesse nenhum direcionamento ou pressão para uma determinada resposta. Contudo, questionamentos considerados relevantes pelo pesquisador no andamento da entrevista e que não estivessem contemplados no questionário foram abordados ao longo dela. As entrevistas ocorreram na própria sala de trabalho dos entrevistados em horário previamente estabelecido com estes funcionários.

No intuito de avaliar a fidedignidade das informações obtidas, foi realizada a pesquisa de campo por meio da observação diária do processo de trabalho dos profissionais de limpeza envolvidos no manejo de RSS durante o período de janeiro e fevereiro, excetuando-se fins de semana, com um foco direcionado para os coletores

que são os profissionais responsáveis pela coleta, transporte e armazenamento de RSS.

Com o intuito de minimizar a visão do pesquisador como “agente fiscalizador” foi realizado um amplo esclarecimento do objetivo do trabalho com a finalidade de que os profissionais envolvidos no gerenciamento pudessem ter uma melhor compreensão da pesquisa e sanassem eventuais dúvidas.

Quanto à obtenção de informações, privilegiou-se a observação, a escuta e anotação dos relatos espontâneos dos profissionais de limpeza deixando a cargo destes a descrição das suas atividades e rotinas, buscando-se dessa forma tentar minimizar a influência do pesquisador nas suas atividades.

Para o registro das informações, utilizou-se um diário de pesquisa onde foram realizadas anotações indicando o dia em que foram coletadas e posteriormente transcritas para o Word. No caso de relato espontâneo estabeleceu-se um código de identificação do autor do relato de forma a garantir o seu anonimato, como a utilização das três primeiras letras da função e um número, como por exemplo: COL 1. Também se utilizou a foto documentação dos fatos de forma a comprovar as informações obtidas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados e comentários em relação às entrevistas foram subdivididos em seções de acordo com o instrumento de coleta de dados na seção abaixo.

3.1 Entrevista com a enfermeira chefe/ CCIH

Na tabela 1 constam os itens e trechos das falas que forneceram evidências sobre o gerenciamento de RSS, facilitando a triangulação dos resultados obtidos nas outras etapas.

Item	Trecho da fala da entrevistada
Número de leitos	<i>“Não é fácil precisar, mas pode colocar que está superlotado.”</i>
Taxa média de ocupação e pacientes atendidos	<i>“Infelizmente não há informações atualizadas.....”</i>
Acidentes perfurocortantes	<i>“Geralmente são 2 a 3 casos por ano.”</i>
Sistema de cores de RSS	<i>“Meio complicado de lembrar estas cores porque cada hospital trabalha de uma forma”</i>
Transporte interno e coleta	<i>“Quando há a passagem de comida, não passa resíduo.”</i>
Regulamentações para GRSS	<i>“...logo que acaba a reunião volta tudo a como era antes.”</i>

Tabela 1: Principais relatos da enfermeira chefe da CCIH.

No que se refere ao número de leitos ocupados, a profissional de saúde não possui certeza quanto ao número certo:

“Esta é uma pergunta difícil de responder, o hospital normalmente está superlotado. Exemplo na UI, teve vez que eu atendo 8 leitos tinha 12 crianças. Não é fácil precisar, mas pode colocar que está superlotado.”

Quanto à lotação do hospital, observa-se que a profissional de saúde apesar de não conseguir precisar a quantidade de pacientes em excesso, busca exemplificar o que tem sido observado na instituição como a manutenção de 4 crianças a mais na Unidade Intensiva.

Quando questionada em relação à média de ocupação e o número de pacientes ambulatoriais atendidos por dia, novamente ela demonstrou imprecisão afirmando que eram respectivamente 100% e 800. Em relação aos dados referentes aos atendimentos ambulatoriais ela afirmou que estes dados eram referentes ao ano anterior e deu a seguinte justificativa para ausência de dados recentes:

“Infelizmente não há informações atualizadas, pois, a pessoa responsável saiu de férias e ainda não me passou os dados, posso te afirmar do ano passado.”

A falta de informações referentes ao número de leitos ocupados na instituição e ao número de pacientes atendidos influencia diretamente no gerenciamento de RSS, uma vez que como há uma correlação positiva entre o número de pacientes e a geração de RSS, o desconhecimento desses dados dificulta a implementação de um adequado PGRSS.

No item equipe/profissionais de saúde, a enfermeira destacou que todos os profissionais de saúde são imunizados em relação à hepatite e tétano. No entanto, não soube precisar quantos acidentes com perfurocortantes ocorreram nos últimos meses, respondendo da seguinte forma:

“Geralmente são 2 a 3 casos por ano.”

Embora não sejam dados atualizados, nota-se que há, segundo informações da enfermeira, poucos casos de acidentes perfurocortantes no hospital o que pode ser reflexo do processo de capacitação citada por ela ou de subnotificação dos casos já que foram encontradas a presença de seringas com agulhas desencapadas entre os RSS do grupo D.

No item recipiente de acondicionamento/ armazenamento, apesar da gestora da CCIH ter afirmado que existe um sistema diferenciado de cores por tipo de RSS, a mesma apresentou dificuldade para descreve-lo como pode ser visto na sua resposta:

“Branco para infectante e cinza para comum. Meio complicado de lembrar estas cores porque cada hospital trabalha de uma forma, lá no outro hospital acho que o comum é verde.”

Apesar de ser responsável por ter estabelecido o PGRSS e as cores de identificação dos RSS, a profissional apresenta dificuldade de lembrar que a cor dos sacos estabelecida na instituição para resíduo comum é preta. O interessante é que

ela atribui esta dificuldade a diversos tipos de padronizações estabelecidos pelos hospitais. Tal fato influencia diretamente na capacitação dos demais profissionais de saúde quanto à correta segregação do RSS.

No item referente ao transporte interno, a profissional de saúde quando questionada afirmou que as práticas atuais de transporte interno e coleta de RSS são dotadas de segurança suficiente e justificou da seguinte forma:

“Quando há a passagem de comida, não passa resíduo.”

A fala da enfermeira não condiz com a realidade existente no hospital uma vez que, durante o processo de observação da rotina de gerenciamento de RSS, foi detectado que os horários de coleta não eram padronizados na instituição. Isto acarretou na observação do fluxo de alimentos e resíduos ao mesmo tempo na rotina hospitalar.

Quanto ao item regulamentações para GRSS, a exposição do PGRSS, embora seja feita na instituição, sofreu alterações quanto à periodicidade por influência dos pesquisadores, pois antes esta era feita de forma anual. Após a conversa com o pesquisador houve a sugestão que passasse a ser realizada mais vezes ao ano. Mesmo assim, a enfermeira relatou haver ainda muitos problemas no que se refere à efetividade desta exposição, conforme relato abaixo:

“Tenho muitas dificuldades em relação ao treinamento, pois falo com as pessoas sobre a questão de RSS, mas logo que acaba a reunião volta tudo a como era antes.”

Sobre o relato da profissional de saúde, pode se destacar a percepção por parte dela da ineficiência dos treinamentos executados na instituição e isto parece indicar a necessidade de não apenas alterar a frequência dos treinamentos, mas também a forma como este é feito e o método de exposição das informações.

Além disso, parece ser indispensável que haja uma sensibilização constante dos profissionais de saúde principalmente no que se refere à adequada segregação de RSS, por exemplo, por meio de pequenas reuniões de curta duração no próprio setor com foco na apresentação dos principais conceitos da legislação e respostas de eventuais dúvidas dos profissionais.

Apesar da resposta da enfermeira sobre a realização de treinamentos, não é a mesma que administra os treinamentos dos funcionários da empresa terceirizada já que estes são capacitados pela enfermeira da própria empresa. Sobre estes treinamentos, COL 1 deu os seguintes relatos em diversas ocasiões:

“O hospital dificilmente faz treinamento dos funcionários, acaba deixando a cargo da empresa.”

“Não tem treinamento específico para resíduo, a empresa segue o que hospital faz.”

“Não recebi treinamento aqui, a minha forma de trabalhar trouxe de outros lugares”

Em relação as afirmativas acima, de diferentes formas o coletor relata a carência

de treinamentos voltados para RSS na instituição. Embora saliente o fato de que estes treinamentos estavam em consonância com a rotina do estabelecimento de saúde, o funcionário ressaltou a falta de enfoque nos RSS nesta capacitação, já que a realização das suas atividades era de acordo com a experiência prévia na função.

COL 2 quando questionado sobre a sua forma de trabalho, respondeu da seguinte forma:

“Já entrei como coletor me explicaram qual era o branco e o preto, onde ficava os contêineres, a necessidade de lavagem do abrigo e das paredes. O serviço que me ensinaram foi de auxiliar de serviços gerais.”

Em relação ao relato acima, nota-se que COL 2 relata que houve a enumeração das atividades que deveria executar e uma explicação básica da localização dos contêineres e do que estes deveriam armazenar. No entanto, o mesmo conclui que não houve qualquer tipo de orientação específica para sua atividade de coletor, sendo ministrado um treinamento semelhante ao de um auxiliar de serviços gerais.

Isto comprova a falta de padronização na atividade dos coletores observada no hospital, o que gera como consequência o fato de que cada coletor realizava a sua função da mesma forma que executava em outras instituições de saúde, tornando cada plantão característico. Um fato que exemplifica isto, é que em determinado plantão havia varrição de toda área externa do hospital enquanto no outro não.

Embora, a encarregada e a líder de limpeza destacassem que esta era uma das atividades do coletor, quando questionado em relação ao motivo pelo qual executava esta tarefa, COL 2 respondeu que no seu trabalho anterior, ele era responsável pela varrição externa.

3.2 Enfermeira responsável pelo PGRSS

Após o término da entrevista com a enfermeira chefe da CCIH, como esta era também a responsável pelo PGRSS, a segunda entrevista foi realizada e os principais itens e trechos da fala são destacados na tabela 2.

Item	Trecho da fala da entrevistada
Geração de RSS do grupo A e D	“Estranho, eu tenho muito mais biológico do que comum.”
Geração de resíduos químico farmacêutico	“..... Quase não gera”
Geração de resíduos químicos	“ Mesma coisa, quase não gera”
Área de armazenamento de RSS	“A arquitetura dela não é totalmente segura por não haver algumas coisas como exaustor.....”

No que se refere a geração de RSS, a enfermeira salientou que todas estas informações estavam presentes no PGRSS, com exceção de resíduos químicos-farmacêuticos, resíduos químicos e rejeitos radioativos que não eram gerados na

instituição.

No PGRSS há apenas dados referentes aos RSS do grupo A e D. Segundo o PGRSS, o hospital gera diariamente 131.040 litros (l) de RSS do grupo A enquanto os RSS do grupo D são subdivididos em resíduos de cozinha e resíduos administrativos, gerando diariamente respectivamente 960 l e 8.223 l. Após enunciar os valores, a enfermeira emitiu a seguinte declaração:

“Estranho, eu tenho muito mais biológico do que comum.”

Analisando-se a declaração, nota-se o desconhecimento por parte da enfermeira em relação aos dados de geração existentes no PGRSS. Isto demonstra que estes dados provavelmente não foram determinados de forma precisa e avaliados quanto a sua autenticidade antes de serem redigidos no PGRSS.

Comprova-se isto analisando a métrica estabelecida normalmente por empresas terceirizadas e hospitais que é a quantificação de RSS por contêiner, tendo como base um contêiner de 240 litros. Dividindo-se a geração diária por 240 l se obteria no que se refere a RSS do grupo A valores que demonstram que estes dados não foram obtidos por qualquer tipo de medição já que segundo contrato com a empresa de coleta externa, a coleta diária normalmente era de 9 contêineres.

Quanto aos resíduos comuns, haveria a necessidade diária de coleta de 35 contêineres de resíduos comuns, valores acima do estabelecido com a empresa terceirizada de 26 contêineres e dos valores de 17 contêineres normalmente coletados.

Já em relação a geração de resíduos químicos- farmacêuticos, houve a seguinte resposta:

“Os medicamentos próximos de vencer são encaminhados para outros hospitais e em virtude disso, quase não gera.”

A declaração da enfermeira de que quase não gerava esse tipo de resíduo não é um fato impeditivo para se estabelecer o gerenciamento adequado desse grupo de RSS já que este acaba sendo alvo de segregação inadequada pelos profissionais de saúde. Isto foi comprovado pela observação da presença de frascos de medicamentos, RSS do grupo B, misturado nos RSS do grupo D. O fato da profissional responsável pelo PGRSS desconhecer a existência da geração de RSS do grupo B no hospital é preocupante, uma vez que ela é a responsável por realizar avaliações periódicas do PGRSS implantado no que se refere a indicadores e por capacitar os profissionais de saúde no que se refere ao manejo adequado de RSS.

Ao ressaltar o encaminhamento de medicamentos próximos ao vencimento para outros estabelecimentos de saúde, a enfermeira abordou apenas um exemplo de RSS do grupo B possível de serem gerados que são os resíduos de medicamentos vencidos. Com isso, a profissional desconsiderou que frascos de medicamentos vazios, típicos do grupo B, são gerados diariamente na unidade hospitalar sem haver qualquer informação aonde estes são segregados.

Quando questionada em relação aos resíduos químicos exemplificados por

saneantes, desinfetantes e antissépticos, a responsável pelo PGRSS respondeu de forma parecida:

“Mesma coisa, quase não tem, acaba aproveitando em outras unidades.”

Quanto aos resíduos químicos, há uma repetição da resposta da profissional responsável pelo PGRSS. Em virtude disso, não há uma estimativa da sua geração e nem o estabelecimento de um manejo adequado para estes tipos de resíduos. A consequência disso é a segregação inadequada destes tipos de RSS, já que se notou a presença de antisséptico, RSS do grupo B, misturado com RSS do grupo D. Quanto ao motivo da pequena geração desse tipo de resíduo, novamente, a responsável pelo PGRSS apresenta uma visão focada em RSS do grupo B próximos a vencimento sem se atentar que o antisséptico é utilizado diariamente na realização de curativos em parturientes.

A falta de informações referentes à geração de RSS do grupo B no estabelecimento hospitalar impede que haja a adoção de medidas proativas que busquem minimizar os impactos negativos oriundos do manuseio inadequado destes tipos de RSS, especialmente se considerar os impactos negativos ao meio ambiente associados aos RSS do grupo B o que faz com que a RDC 306/04 estipule a necessidade de tratamento prévio, antes da disposição final destes resíduos.

Em relação ao item segregação, no questionamento de que EPIs dispõe a equipe que manuseia os RSS, a enfermeira respondeu que os profissionais de limpeza utilizavam luvas, botas, avental, calças compridas, máscaras e óculos de proteção.

No entanto, a utilização de todos estes EPIs só foi observada nos coletores, enquanto que as demais profissionais de limpeza só utilizavam luvas, botas e calças compridas. Isto foi corroborado pela resposta do COL 1 quando questionado se observava risco na sua atividade:

“As meninas que estão mais expostas, pois elas que manipulam o lixo. Tem risco de respingar sangue e não tem óculos, muito mais um avental.”

Nota-se na resposta do coletor que este caracteriza as atividades das profissionais de limpeza como de maior risco, já que tem que manipular os sacos de RSS abertos e realizar o seu fechamento. Apesar disso, há ausência entre as profissionais de limpeza de equipamentos de proteção básicos para minimizar os riscos ocupacionais.

No item referente à área de armazenamento de RSS, quando questionada se a área de armazenamento de RSS poderia ser considerada segura, a enfermeira respondeu de forma afirmativa. No entanto, acrescentou a seguinte declaração:

“A arquitetura dela não é totalmente segura por não haver algumas coisas como exaustor, mas pelo menos não expõe o coletor ao risco.”

Com base na sua resposta, pode-se destacar que nem mesmo por ela esta área pode ser classificada como segura, salientando que apesar de não expor o coletor ao risco há ainda alguns fatores que estão em desacordo com o estabelecido pela

legislação como, por exemplo, a inexistência de exaustor no abrigo.

Acrescente-se a isso o fato de que não há também uma área específica para higienização dos carrinhos de coleta e o fato do abrigo externo estar localizado ao lado do gerador do hospital e quando o gerador se encontrava em funcionamento, permanecer no setor era muito difícil devido ao barulho excessivo.

Como já citado e discutido anteriormente a entrevistada mostrou amplo desconhecimento em relação ao tratamento de RSS e disposição final dos RSS já que não soube responder nenhum dos questionamentos realizados.

No que se refere à aplicação de regulamentações nacionais/estaduais para GRSS, ela relatou ter diversas dificuldades na aplicação destas normas dentre as quais, segundo ela, o fato das RDCs serem gerais e não explicarem como, por exemplo, ela tem que descartar resíduos químicos –farmacêuticos e também a ausência de fontes bibliográficas sobre o tema para consulta.

A principal consequência disso, segundo a responsável pelo PGRSS, foi a necessidade de ter que se basear nos PGRSS de outras instituições em que trabalhou para que pudesse elaborar o PGRSS do hospital A.

Na descrição do relato indireto da enfermeira, nota-se que esta ressalta que as suas principais dificuldades referentes ao gerenciamento de RSS são oriundas da carência de informações completas na própria RDC, citando inclusive o destino final que se deve dar a resíduos químicos-farmacêuticos.

Embora, não seja uma legislação extremamente clara no seu conteúdo tanto que foi submetida recentemente a uma consulta pública, há no item referente ao grupo B os tipos de tratamento e disposição final, que estão mais claramente descritos na resolução CONAMA 358/05 mais voltada para o tratamento e disposição final.

Por último, o relato da enfermeira que utilizou como base o PGRSS de outros estabelecimentos de saúde se configuraria como um problema se no momento da elaboração do PGRSS da própria unidade, esta não realizou um diagnóstico preciso das características do hospital no que se refere à composição gravimétrica e geração de RSS.

Pelos dados referentes a geração de RSS de diversos grupos presentes no PGRSS e pela infraestrutura do abrigo externo, pode-se inferir que realmente não houve a elaboração de um PGRSS próprio para instituição e sim uma pequena adaptação de PGRSS de outras unidades.

Quando questionada em relação à possibilidade de obter informações do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), enfermeira responsável pelo PGRSS mostrou desconhecimento quanto à existência deste órgão e perguntou se ele atuava a nível estadual ou federal.

Nota-se que apesar do INEA ser órgão estadual responsável pela fiscalização e avaliação do gerenciamento de RSS dos estabelecimentos de saúde tendo inclusive elaborado uma resolução com os procedimentos a serem adotados na elaboração de um PGRSS, este é desconhecido pela profissional responsável pelo PGRSS.

Isto demonstra que há um distanciamento entre órgão que fiscaliza e as instituições de saúde, dificultando dessa forma o estabelecimento de uma parceria e a implementação de melhores práticas de manejo de RSS.

Quanto a treinamentos ou capacitações, a responsável pelo PGRSS, corroborou a informação do gestor administrativo, já que declarou que não passou por nenhum treinamento ou curso. A sua escolha como responsável pelo PGRSS foi baseada no fato de já ter participado disso em outras unidades enquanto os demais profissionais de saúde da unidade não tinham conhecimento sobre RSS.

A falta de capacitação da profissional em questão ficou evidente durante a maior parte das respostas que ela forneceu principalmente no que se refere a atividades de manejo de RSS executada por terceiros, como tratamento e disposição final, visto por ela, conforme já relatado anteriormente, como etapas que não estão sob sua responsabilidade.

É importante ressaltar que apesar de não ter uma formação adequada para RSS, esta assumiu a função principalmente pela falta de conhecimento sobre RSS dos demais profissionais de saúde. Isto corrobora a resposta do diretor sobre a comissão de resíduos do hospital em que afirmou que fica tudo a cargo da CCIH, sendo sua responsabilidade apenas cobrar a execução das atividades.

4 | CONCLUSÕES

Com base nas entrevistas realizadas com a enfermeira chefe e responsável pelo gerenciamento de RSS, foi possível traçar um diagnóstico do gerenciamento de RSS da instituição analisada apoiado na pesquisa qualitativa. Comparando os discursos da profissional de saúde com a realidade observada, várias discrepâncias foram notadas entre a fala da entrevistada e o que efetivamente ocorria na atividade diária do hospital. Isto é um indicativo de que o processo de capacitação tem sido realizado de forma inadequada no estabelecimento de saúde o que conseqüentemente aumenta o potencial de risco destes resíduos à saúde pública, à saúde ocupacional e ao meio ambiente.

Além disso, a falta de conhecimento da funcionária em relação às características qualitativas e quantitativas dos RSS gerados impacta diretamente na implementação de um PGRSS adequado às características do hospital, tornando o processo de gerenciamento bastante deficitário.

No que se refere a adequação do gerenciamento de RSS à legislação vigente, questionamento principal deste artigo, o instrumento de coleta de dados utilizado, com base na pesquisa qualitativa, permitiu determinar que diversos parâmetros preconizados pela legislação vigente não são adotados na instituição, muitas vezes devido ao desconhecimento da profissional responsável por isso.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, Juliana Aparecida Souza; RECH, Tássio Dresch; SIEGLOCH, Ana Emilia. **Management assessment of drug waste and other health care waste in Upland Region of Santa Catarina, Brazil**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, n. 2, p. 317-326, 2017.

DE SOUZA MINAYO, Maria Cecília. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Editora Vozes Limitada, 2011.

GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos: coleção pesquisa qualitativa**. Bookman Editora, 2009.

MADERS, Gláucia Regina; CUNHA, Helenilza Ferreira Albuquerque. **ANÁLISE DA GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DO HOSPITAL DE EMERGÊNCIA DE MACAPÁ (AP)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 3, 2016.

NOGUEIRA, Danielly Negrão Guassú; CASTILHO, Valeria. **Resíduos de serviços de saúde: mapeamento de processo e gestão de custos como estratégias para sustentabilidade em um centro cirúrgico**. REGE-Revista de Gestão, v. 23, n. 4, p. 362-374, 2016.

STAKE, Robert E. **Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam**. Penso Editora, 2016.

SILVA, Eliana Napoleão Cozendey da. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: adaptação transcultural e validação do instrumento health-care waste management-rapid assessment tool para a língua portuguesa no Brasil**. 2011. Tese de Doutorado.

SILVA, Denise Felício et al. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em municípios da região metropolitana de Belo Horizonte (Brasil)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. 3, 2014.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Bookman: Porto Alegre. 2010.

UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU

Millena Gabriela Gualberto de Souza

UNIFACIG - Centro Universitário

Chalé – Minas Gerais.

Nandeyara de Oliveira Costa

UNIFACIG - Centro Universitário

Manhuaçu – Minas Gerais.

Glaucio Luciano de Araujo

UNIFACIG-Centro Universitário

Manhuaçu – Minas Gerais.

Marcela Moreira Couto

UNIFACIG-Centro Universitário

Abre Campo – Minas Gerais.

RESUMO: O desenvolvimento da tecnologia somado ao crescimento da população são fatores que se relacionam com o aumento da quantidade de lixo produzido, o qual se tornou um grande problema ambiental. A deficiência de ações sustentáveis com o aumento da exploração de recursos naturais para a crescente produção de papel acarreta danos para o meio ambiente e para saúde da sociedade. Nesse contexto, frente a todos os problemas envolvendo o alto consumo de papel e o descarte incorreto do mesmo, o objetivo desta pesquisa foi entender a importância de se preservar o meio ambiente e assim, estudar sobre a implementação de uma usina de reciclagem de papel no setor universitário,

utilizando-se para isso, ferramentas online e gráficos estatísticos para obter análises.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem de Papel; Usina de Reciclagem; Meio Ambiente; Universidade Ecológica.

A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF A PAPER RECYCLING MACHINE FOR A HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN MANHUAÇU

ABSTRACT: The development of technology combined with population growth are factors related to the increase in the amount of waste produced, which has become a major environmental problem. The deficiency of sustainable actions with the increase of the exploitation of natural resources for the increasing production of paper entails damages for the environment and for the health of the society. In this context, in the face of all the problems involving high paper consumption and the incorrect disposal of paper, the objective of this research was to understand the importance of preserving the environment and, therefore, to study the implementation of a paper recycling plant in the the university sector, using online tools and statistical charts for analysis.

KEYWORDS: Paper Recycling; Recycling Plant; Environment; Ecological University

1 | INTRODUÇÃO

O homem ao despertar para o pensamento de que os recursos da terra são finitos, passou a se preocupar com o meio ambiente. Assim, a reciclagem surgiu, buscando tornar útil, aquilo que não era mais utilizado, gerando produtos alternativos.

O papel é um produto seco, de grande volume na qual a grande maioria da população consome todos os dias, e acabam se tornando lixo. “A cada 28 toneladas de papel reciclado evita-se o corte de 1 hectare de floresta. Enquanto que para fabricar 1 tonelada de papel novo precisa-se de 50 a 60 eucaliptos, 100 mil litros de água e 5 mil KW/h de energia” (ROSA, 2005, p.6).

O processo de preparação para a reciclagem do papel é simples, contém duas etapas e a sua comercialização também é relativamente fácil. Nesse sentido, o presente artigo buscou enfatizar o processo de reciclagem de papel, com objetivo de estudar sobre a implantação de uma usina de reciclagem de papel dentro de uma Instituição de Ensino Superior (IES) de Manhuaçu, na Região do Caparaó em Minas Gerais.

Para alcançar os objetivos, buscou-se inicialmente entender a importância da reciclagem de papel dentro do campo de estudo e posteriormente, dimensionar uma usina de reciclagem para o meio estudantil.

2 | METODOLOGIA

Primeiramente, no que se refere a classificação da pesquisa, a mesma tem natureza aplicada, de abordagem quantitativa e com caráter descritiva. Foi elaborado e aplicado um questionário online (Apêndice A), por meio da ferramenta “Google Forms”, no período de 20 de maio de 2018 á 17 de junho de 2018.

Realizou-se perguntas relacionadas ao grau de importância que as pessoas dariam com relação a reciclagem, por meio de questionário com quinze questões, envolvendo o perfil das pessoas e o grau de importância que a população daria se houvesse uma usina de reciclagem ao seu alcance. O questionário obteve 130 respostas advindas de diferentes idades e profissões. Posteriormente, foram confeccionados gráficos com resultados a serem discutidos nesta pesquisa.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico da Figura 1, mostra a estratificação por gênero dos indivíduos participantes da pesquisa.

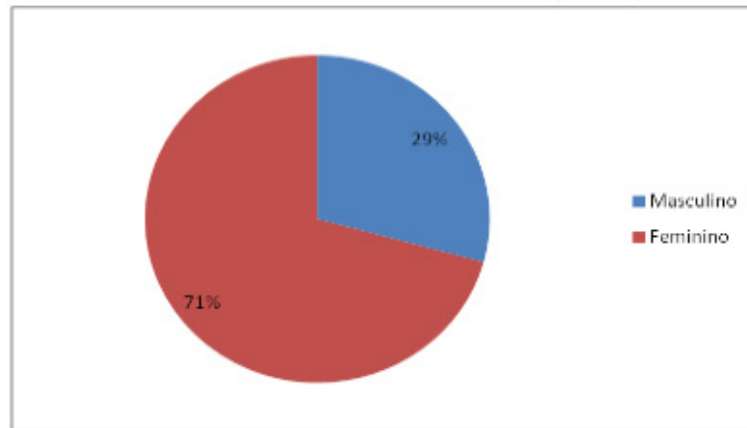


Figura 1: Percentual de homens e mulheres participantes da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A fim de propiciar um maior entendimento do público que se diz interessado em reciclar papel, objetivando criar um perfil dos interessados buscou-se além do gênero (no qual predominou-se o feminino), analisar também a faixa etária dos interessados. É possível visualizar no gráfico na figura 2, informações pelas quais se tornam importantes para implementação da usina de reciclagem de papel.

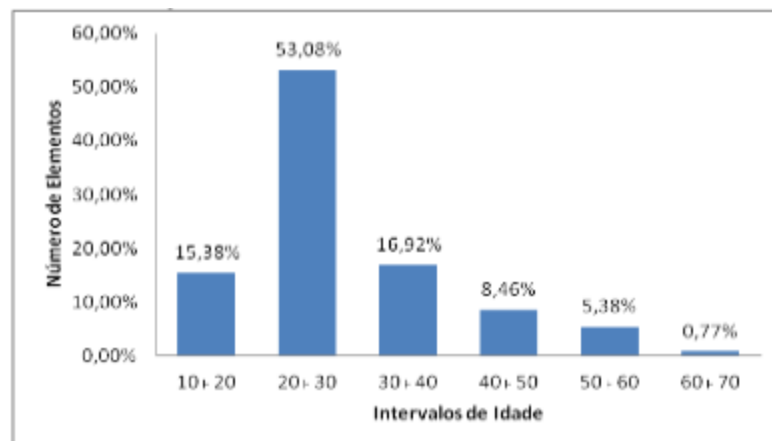


Figura 2: Faixa etária dos entrevistados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando os gráficos das Figuras 1 e 2, gênero e idade, temos um perfil concentrando na idade entre 20 a 30 anos, sendo a maioria mulheres. No intuito de aprofundar os estudos são apresentados dois histogramas, um mostra o consumo de papel por alunos na graduação (FIGURA 3) e o outro mostra o consumo de papel pelos docentes (FIGURA 4).

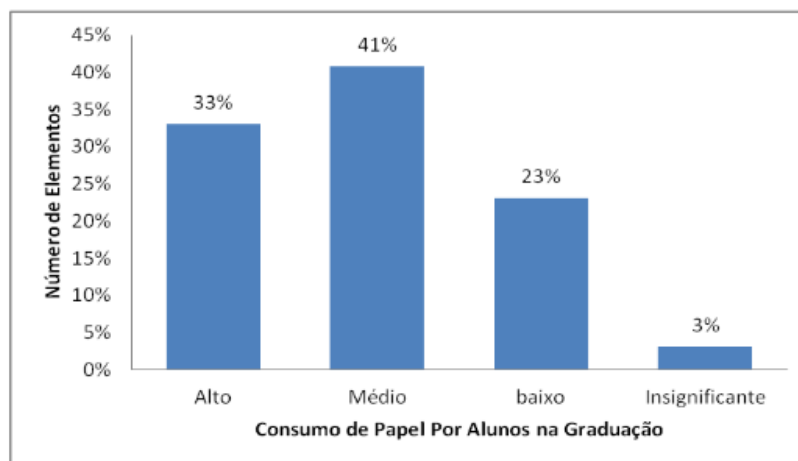


Figura 3: Corpo discente X Consumo de papel.

Fonte: Elaborado pelos autores.

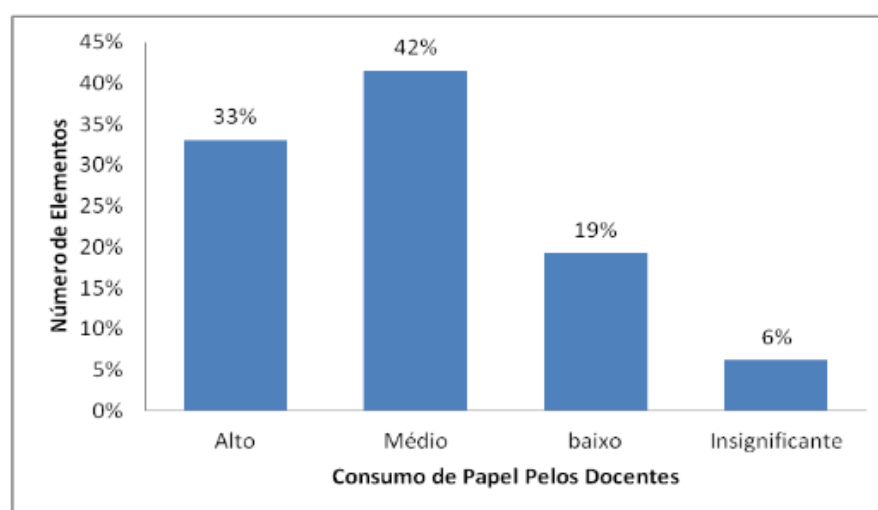


Figura 4: Corpo docente X Consumo de papel.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao serem analisados os gráficos das Figuras 3 e 4, foi constatado que, o consumo de papel por parte do corpo docente e discente da instituição de ensino superior analisada predomina se entre médio e alto. Presume-se que este público (de acordo com a pesquisa realizada por meio do questionário em Maio de 2018) se interessa por questões ambientais e demonstrariam satisfação caso houvesse uma usina de reciclagem de papel para reaproveitar os papeis utilizados em função de atividades educacionais.

No gráfico da Figura 5 são apresentados os resultados, médias de consumo de papel no período de um ano na instituição objeto de estudo.

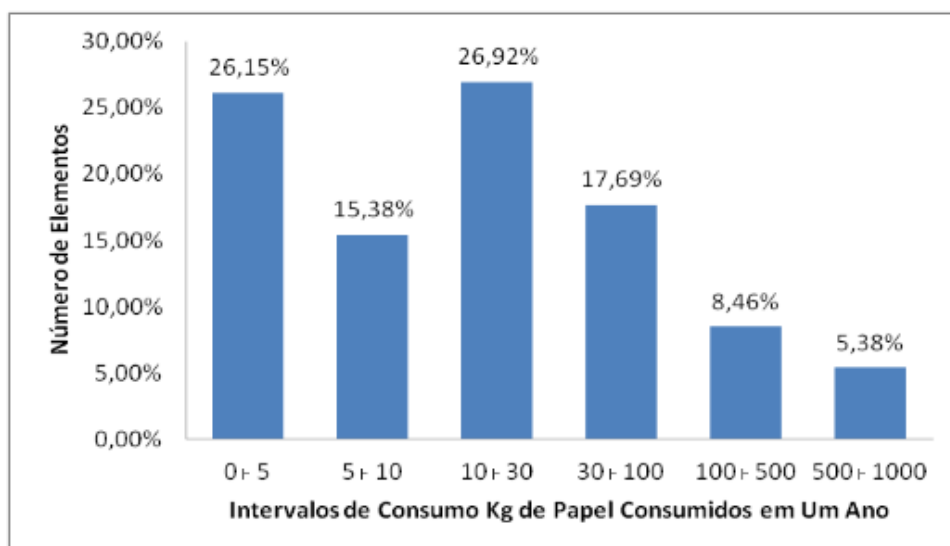


Figura 5: Consumo em quilos de papel ao ano.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se que, os dados se concentram entre dois intervalos, de 0 a 5kg e de 10 a 30kg, sendo que 44,61% das pessoas consomem entre 10 a 100kg de papel ao ano. Estes valores permitem dimensionar a quantidade de papel a ser reciclado na usina localizada na instituição de ensino superior desse estudo.

3.1 Dimensionamento da usina de reciclagem

3.1.1 Ideias de implementação

O processo de reciclagem de papel é simples, sendo a maior dificuldade recolher os papéis a serem reciclados. A usina de reciclagem em uma universidade se torna uma estratégia ecológica, pois o mesmo é um local de alto consumo deste material.

O passo inicial seria colocar pontos de coleta nos dois *campus* da IES, próximos à secretaria e à biblioteca. Estes pontos contariam com um recipiente de coleta e um banner informativo de maneira a destacar a importância da reciclagem para o meio ambiente e para a população.

Após isso, os papéis passariam por um processo de triagem, ou seja, uma vistoria, a fim de recolher cliques, grampos, pedaços de metal entre outros materiais que poderiam interferir no processo de reciclagem. Em seguida, os papéis seriam triturados, prensados e assim estariam disponíveis à venda. Segundo dados do SEFAZ (2018), o preço em média do papel vendido para reciclagem é de R\$ 0,28 centavos, podendo variar de acordo com a qualidade do mesmo. Além disso, não são aceitos para reciclagem papéis sanitários, fotografias e papéis com resíduos metálicos junto a ele.

Identificou-se que, a IES conta em média com duas mil pessoas, entre o corpo docente, discente e funcionários da mesma. Assim, a proposta atingindo pelo menos

10% das pessoas ao mês, e cada uma doando em média 10kg de papel, se conseguiria 2000kg de papéis a ser reciclado mensalmente, o que proporcionaria um retorno de aproximadamente R\$ 560,00. Além da questão econômica, tal ação impactaria positivamente a parte ambiental já que reduziria à quantidade de papéis jogados ao meio ambiente.

De acordo com os estudos realizados por Rosa (2005), se reciclar essa quantia de papel ao mês na instituição objeto de estudo, evita-se o corte de 714,28m de floresta, ao longo de um ano, reciclando 24000kg de papel, deixando assim de ser desmatado 17.142,28m de floresta. Esse volume de papel velho, corresponde a 16000kg papel reciclado, impedindo o corte de 960 eucaliptos, 1600000 milhão de litros de água, 80 mil KW/h de energia em um ano.

3.1.2 Funcionamento da usina de reciclagem

Conforme mencionado anteriormente, a conscientização da população quanto a importância da reciclagem de papel e doação do mesmo seria o primeiro passo para se montar uma usina de reciclagem. A partir dessa etapa, quatro etapas serão necessárias para preparar o papel para a venda:

- **Coleta:** se refere a primeira etapa, sendo realizada por intermédio de recipientes próprios, com um banner informativo ao lado, de forma a orientar os doadores de como realizarem a doação adequadamente;
- **Triagem:** é a segunda etapa, nesta etapa é realizada uma vistoria, na qual são separados papéis que não podem ser reciclados, bem como objetos de metais, entre outros, que podem ser prejudiciais as indústrias fabris;
- **Prensa:** essa é a terceira etapa, após ser realizado a triagem dos papéis, estes passam por uma prensa enfardadeira, de modo a ficarem aptos a venda.
- **Venda:** a última etapa realizada pela IES, onde os papéis serão vendidos para uma indústria fabril de papel, a mesma após adquirir o papel, irá realizar os próximos passos até a confecção do novo papel reciclado.

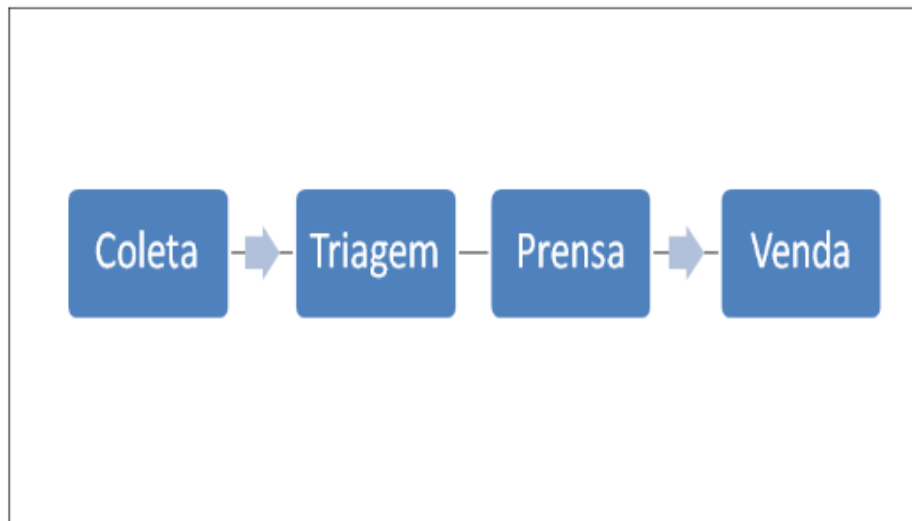


Figura 6: Fluxograma de atividades da usina

Fonte: Elaborado pelos autores.

4 | CONCLUSÃO

Por meio dessa pesquisa e das análises realizadas, pôde-se concluir que a implantação da usina de reciclagem é uma ideia inovadora para a instituição de ensino superior desse estudo. Além disso, como mencionado pode trazer benefícios econômicos para essa instituição.

A implantação de usina de reciclagem de papel, pode se tornar referência para outras universidades. É evidente, que no início o retorno financeiro é pequeno, mas que se bem divulgada poderá ser expandida, sendo implantados pontos de coleta em diversos locais em Manhuaçu e também nas cidades vizinhas. Diante disso, é possível que aumente o lucro para à instituição bem como trará benefícios ao meio ambiente.

De modo a complementar este projeto, é de interesse implantar futuramente uma “Startup Ecológica”, ou seja, uma empresa, que busca por inovação sustentável, sendo criada uma espécie de retorno financeiro aos doadores de papel ampliando os pontos de coleta para locais públicos na cidade de Manhuaçu, escolas da rede Municipal e Estadual, entre outros. Como outra sugestão para trabalhos futuros, seria interessante desenvolver um sistema que possa interagir com o doador de modo a registrar sua doação para assim contabilizar o retorno financeiro.

REFERÊNCIAS

MINAS GERAIS, SECRETARIA DO ESTADO DA FAZENDA. Pauta de mercadorias. 2017. Disponível em: <http://www.fazenda.mg.gov.br/utilidades/resultado.htm?query=sucata+de+papel&submit=Buscar> Acesso em 25 set 2018.

MORAES, Madadielli. UM ESTUDO SOBRE A RECICLAGEM DE PAPEL: UM PANORAMA DESTA ATIVIDADE NO BRASIL. In: UFMSC, Santa Catarina. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/reciclagem_de_papel_um_panorama_dest_a_atividade_no_brasil.pdf. Acesso

em 23 set 2018.

ROSA, Bruna. A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM DO PAPEL NA MELHORIA DA QUALIDADE DO MEIO AMBIENTE. In: ENEGEP, nº XXV, 2005, Porto Alegre RS. p. 6. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep1004_1116.pdf. Acesso em 21 set 2018.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO ONLINE

A seguir serão apresentadas dez questões sobre reciclagem. O questionário é de modelo quantitativo, buscando dimensionar a importância que as pessoas dão as questões de reciclagem. Responda as questões de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância.

1)Qual seu sexo?

2)Você faz parte de uma sociedade acadêmica?

()sim ()não

3)Se respondeu sim na questão anterior, informe que tipo de membro você é nesta sociedade:

4)Qual a sua idade?

5)Qual a importância você vê na reciclagem de papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

6)Com que frequência você busca meios de reaproveitar os papéis que você utiliza?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

7)Em média quantos quilos de papel você consome durante 1 ano?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

8)Qual importância você daria se, na instituição em que você estuda tivesse um sistema de reciclagem de papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

9)Você acha importante por parte da sua instituição de ensino reciclar papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

10)Você separaria um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem de papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

11) Em relação à sua graduação. Qual seu consumo de papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

12) Com que frequência, ao imprimir materiais para uso na faculdade, você busca economizar papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

13) Se tiver ao seu alcance um sistema de reciclagem de papel, qual importância você daria a ele?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

14) Com que frequência você dá preferência a utilizar produtos advindos da reciclagem de papel?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

15) Como é o consumo de papel por parte do corpo docente do curso que você cursa, ou no caso de ser professor, no curso que você atua?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Ferramenta: Google Forms.

BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS

Daniela Cristiano Rufino

Centro Universitario do Sul de Minas- Unis MG
(Curso de Engenharia Mecânica)
Varginha - MG

RESUMO: Este artigo tem a finalidade de analisar a implantação de um sistema de captação do biogás em aterros sanitários para geração de energia, como uma das alternativas para a diminuição dos impactos gerados pelos resíduos sólidos urbanos que são descartados de maneira inadequada. Também será estudado a viabilidade da utilização do Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS. Um equipamento que é considerado inovador, pois quando esse produto foi importado para o Brasil ele usava como combustível o GLP e não teve uma boa performance com o percolado (chorume) brasileiro, mas após passar por otimizações o equipamento foi projetado dentro dos parâmetros do chorume brasileiro e o evaporador funciona através da queima direta do biogás. Esse tema aborda diretamente a necessidade de diminuição dos problemas gerados pelo o descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos. Assim a busca por novas alternativas que minimizem os efeitos causados pelos resíduos sólidos no solo, nas águas e na atmosfera como o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera terrestre, essa

captação do biogás nos aterros sanitários, irá reduzir significativamente a emissão dos gases de efeito estufa como o metano na atmosfera. A pesquisa tem como intuito analisar e avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento energético do biogás e estudar a viabilidade da utilização do Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS em aterros, através de uma pesquisa bibliográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás. Aproveitamento energético. Resíduos sólidos. Evaporador.

ABSTRACT: This article has the purpose of analyzing the implantation of a biogas collection system in landfills for power generation, as one of the alternatives for the reduction of the impacts generated by the urban solid waste that are discarded in an inadequate way. Also, will be studied the feasibility of using the Percolation Evaporator EVC-1,900 from the company BTS. An equipment that is considered innovative, because when this product was imported to Brazil it used as LPG fuel and did not perform well with Brazilian leachate, but after going through optimizations the equipment was designed within the parameters of the leachate and the evaporator works through the direct burning of the biogas. This theme directly addresses the need to reduce the problems generated by the inadequate disposal of urban solid waste. So the search for new alternatives

that minimize the effects caused by solid waste in the soil, water and atmosphere as the increase of greenhouse gases in the Earth's atmosphere, this capture of biogas in landfills will significantly reduce the emission of greenhouse gases. greenhouse gases such as methane in the atmosphere. The aim of the research is to analyze and evaluate the viability of implementing a biogas recovery system and to study the feasibility of using the BTS company EVC-1.900 Percolation Evaporator in landfills, through a bibliographical research.

KEYWORDS: Biogas. Energetic use. Solid waste. Evaporator.

1 | INTRODUÇÃO

Com o aumento do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos ao longo dos últimos anos tem provocado o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. O aterro sanitário é um dos recursos para o tratamento desses resíduos, pois eles dispõem de técnicas mais seguras para a saúde da população do que os lixões a céu aberto. Os aterros possuem o solo impermeabilizado para que não haja a contaminação do solo e também acontece a monitoria das emissões de gases, são utilizados procedimentos para armazenar os dejetos na menor área possível para se obter um menor volume, sendo assim cobertos frequentemente com camadas de terra. O biogás nos aterros é gerado através da decomposição anaeróbia da matéria orgânica e para se realizar a captação desse gás, é necessário que se siga etapas e medidas de retirada do produto. Enquanto que o chorume é captado e transportado para ser tratado no evaporador de chorume, o biogás é extraído e queimado e utilizado para fins energéticos.

Com a substituição dos lixões por aterros sanitários haverá diminuição na degradação dos lençóis freáticos, entretanto será capaz de aumentar a emissão de gás metano na atmosfera. Assim é necessário a captação desse gás que por sua vez tem um potencial térmico que pode ser aproveitado como energia elétrica, energia térmica, uso veicular e iluminação a gás. Conseqüentemente a implantação da técnica de aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários, possibilita a redução de gases de efeito estufa na atmosfera. O estudo a seguir trata-se de uma pesquisa bibliográfica, onde será apresentado a viabilidade de um sistema de aproveitamento energético do biogás como alternativa para a diminuição dos GEE, e será estudado a viabilidade da utilização do Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS em aterros sanitários, um equipamento que é considerado inovador, pois ele utiliza o próprio biogás do aterro como combustível.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O biogás se mostra competitivo quando comparado com os combustíveis fósseis utilizados na indústria e no setor de transporte. Apesar dos mecanismos de incentivo

existentes ao aproveitamento energético do biogás e os incentivos às fontes alternativas renováveis de energia no Brasil, há diversas barreiras institucionais, econômicas e tecnológicas para o aproveitamento desta fonte no Brasil (MONTEIRO, 2001).

2.1 Resíduos Sólidos

A partir da classificação dos resíduos que se pode determinar a destinação adequada para cada tipo de resíduo. Existe também normas específicas sobre reciclagem, incineração e outras formas de tratamento desses resíduos (GOUVEIA, 2012).

2.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com a classificação que foi definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatizou e categorizou todos os tipos de resíduos manipuláveis perigosos e não perigosos, exemplificando como esses resíduos podem e/ou devem ser armazenados ou descartados segundo a norma da ABNT, NBR 10.004:2004 da seguinte forma:

Classe I – (Perigosos): São resíduos com propriedades físico-químicas e infectocontagiosas podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente. Esses resíduos podem ser condicionados, armazenados temporariamente, incinerados, tratados ou dispostos em aterros sanitários próprios para receber resíduos perigosos. Exemplos: Borra de tinta, latas de tinta, óleos minerais e lubrificantes.

Classe II – (Não perigosos): Dividem-se em A e B, são aqueles que não se enquadram na Classe I.

Classe II A – (Não inertes): São resíduos que não possuem os aspectos de periculosidade, podendo apresentar características como a combustibilidade, a biodegradabilidade e a solubilidade em água. Exemplos: Materiais orgânicos da indústria alimentícia, lamas de sistemas de tratamento de águas, fibras de vidro.

Classe II B –(Inertes): São aqueles que, uma vez submetidos a testes de solubilização, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados. Exemplo: entulhos, sucata de ferro e aço.

2.3 Destinação dos Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos apresentam uma grande diversidade e complexidade, sendo que suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a fonte ou atividade geradora (GONÇALVES, 2004).

2.4 Lixão

É a área de disposição final de resíduos sólidos urbanos sem nenhuma preparação do solo, não tem nenhum sistema de tratamento do chorume, assim contaminando o lençol freático. Urubus, moscas e ratos disputam o lixo com crianças, adolescentes e

adultos que recolhem comida e materiais recicláveis para vender, uma cena insalubre para a saúde humana. O lixo fica exposto sem nenhum procedimento que evite as consequências ambientais e sociais negativas (GONÇALVES, 2004; SILVA, 2011).

2.5 Aterros Controlados

Os aterros controlados são similares aos aterros sanitários, pois neles também ocorre a cobertura dos resíduos sólidos com uma camada inerte, mas nos aterros controlados não há impermeabilização da base do solo nem tratamento dos gases ou chorume (NOVI, 2013). Esta técnica reduz os impactos gerados pelos resíduos, mas não resolve os problemas gerados pelo chorume e pelo gás metano (GOUVEIA, 2012).

2.6 Aterros Sanitários

Aterro sanitário é uma espécie de depósito no qual são descartados resíduos sólidos provenientes de residências, indústrias, hospitais e construções. Grande parte deste lixo é formada por materiais não recicláveis (BIDONE, 2001). Nos aterros as técnicas de disposição dos resíduos no solo são fundamentadas sobre fatores de engenharia e normas específicas, para evitar riscos à saúde pública e danos ambientais. (MAZZER, CAVALCANTI, 2004)

3 | BALANÇO ENERGÉTICO BRASILEIRO

Os índices de disposição final de RSU apresentaram retrocesso no encaminhamento ambientalmente adequado dos RSU coletados, passando a 58,4% do montante anual disposto em aterros sanitários. As unidades inadequadas como lixões e aterros controlados ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 81 mil toneladas de resíduos por dia, com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos na saúde (ABRELPE, 2016). O panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016 mostra que 3.326 municípios brasileiros destinam seus resíduos sólidos para locais impróprios. Isso equivale a 59,7% dos municípios (ABRELPE, 2016).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a produção de energia elétrica a partir do biogás cresceu 14% em 2017 comparado ao ano de 2016. Esse crescimento se deve ao volume distribuído de 35 usinas que aproveitam os rejeitos urbanos, da pecuária e da agroindústria para transformar em eletricidade. Isso corresponde à capacidade de abastecer uma cidade com 470 mil pessoas apenas com o biogás, conforme cálculos realizados pela Associação Brasileira de Biogás e Biometano (ABIOGÁS). Entretanto, isso ainda equivale a 0,0817% da matriz energética do Brasil, sendo que são deixados de gerar 115 mil GWh com o não aproveitamento do biogás, ou seja, isso poderia abastecer 25% da energia consumida em 2016.

O Plano Decenal de Expansão em 2026 (PDE) contemplou pela primeira vez o biogás no plano de expansão energética e a previsão é de que até 2025 o Brasil produza diariamente 10,7 milhões de m³/dia.

4 | BIOGÁS

A decomposição da matéria orgânica é um processo natural que ocorre em duas formas. A primeira é a decomposição aeróbia que acontece na presença de oxigênio esse processo é o princípio básico da compostagem, e a segunda fase é a de decomposição anaeróbia que acontece na ausência de oxigênio, onde os responsáveis por essa fase é uma série de microrganismos (bactérias) que quebram as moléculas da matéria orgânica transformando essa quase que totalmente em gases como o gás metano que tem um percentual de energia térmica (BRITO FILHO, 2005).

Biogás é um gás inflamável produzido a partir da mistura de dióxido de carbono e metano, formado a partir da degradação da matéria orgânica. A fermentação acontece em determinados patamares de temperatura, umidade e acidez. O biogás é composto por uma mistura de gases, o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), gás sulfídrico (H₂S), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂) (SALOMON, 2007).

4.1 Sistema de operação, extração e tratamento do biogás do aterro

O tratamento do biogás extraído ocorre pela passagem dele por um filtro, para a remoção de material particulado que foi arrastado com o gás (ALMEIDA, 2016). Depois o biogás é encaminhado a um tanque separador de líquidos, denominado desumidificador que têm a finalidade de separar eventuais gotículas de líquidos contidos no biogás (REZENDE, 2016). Essa fase líquida deverá ser drenada por gravidade para um tanque de coleta de condensado e depois ser bombeado para o sistema de coleta de chorume para ser tratado (BORGES, 2008). O biogás, já isento de partículas sólidas e de gotículas líquidas, passa então pelo soprador e é encaminhado para a queima controlada no flare e/ou para outros sistemas de aproveitamento energético. A vazão de biogás é controlada por uma válvula borboleta e indiretamente por um inversor de frequência acoplado ao motor do soprador, o qual é acionado por um transmissor de pressão, instalado na linha de sucção. O soprador tem a finalidade de succionar o biogás do interior do aterro (DOS SANTOS, 2011; VICENTE, 2011; MARTINS, 2012). Os resíduos que sobram da queima do biogás, é uma substância com aspecto de lodo que contem água, sais minerais e microrganismos, que pode ser utilizada como fertilizantes (ALMEIDA, 2016).

5 | EVAPORADOR DE CHORUME

O chorume (percolado) é um líquido escuro e tóxico gerado da decomposição dos resíduos e do acúmulo de água da chuva que se infiltra no solo e nos resíduos,

compõe-se de substâncias recalcitrantes, amônia, cloretos e compostos orgânicos e inorgânicos (LESSA, 2017). Para resolver o problema gerado pelo chorume nos aterros, a empresa SOLVÌ importou um evaporador de chorume para instalar no Aterro de Salvador, mas o equipamento usava como combustível o GLP e não teve um bom desempenho com o chorume brasileiro por ele ter muito detergente. Após isso, a empresa BTS em parceria com a SOLVÌ otimizou o equipamento e o montou sobre uma carreta especial, ele foi testado e obteve máxima evaporação com a máxima eficiência térmica e foi implantado no Aterro de São Leopoldo, Rio Grande do Sul (PILEGGI, 2011; LESSA, 2017).

O Evaporador de Percolado EVC-1.900, foi planejado e fabricado dentro dos aspectos operacionais do Brasil utilizando como combustível o próprio biogás produzido no aterro, o evaporador possibilita a queima do metano e a otimização da capacidade das lagoas de tratamento do chorume. Montado sobre uma carreta especial, o evaporador bombeia para o interior do tanque o chorume acumulado nas lagoas de tratamento do aterro e o líquido é aquecido e evaporado, a uma razão de até 1 m³/h (PILEGGI, 2011).

5.1 Processos do Sistema de Evaporação de Chorume

O Evaporador de Chorume foi elaborado com o objetivo de utilizar o biogás gerado no próprio aterro como combustível. Consequentemente a eficiência da evaporação irá depender do poder calorífico do biogás, assim tendo o máximo fluxo do biogás terá o evaporador com máxima eficiência térmica (BALESTIERI, 2018). O processo de evaporação do chorume é uma das técnicas utilizada para controlar a poluição causada pelo chorume, esse processo pode reduzir até 70% do volume do chorume (BOCCHIGLIERI, 2010).

Basicamente o processo se resume no chorume ser aquecido em altas temperaturas utilizando como combustível o biogás, a fração líquida é evaporada e a sólida retorna para o aterro. O vapor quente é transportado para um sistema de purificação para que possa ser lançado na atmosfera ou ser usado para geração de energia térmica (DOS SANTOS, 2011).

5.2 Benefícios Ambientais e Econômicos do Evaporador de Percolado

Um dos benefícios do evaporado é a diminuição da emissão de GEE, já que o equipamento permite a queima do biogás, reduzindo assim o metano (CH₄) nele presente outro benefício do evaporador é que ele não necessita de grandes áreas para implantação de tanques de percolado, assim pode se evitar a contaminação do solo e do lençol freático (PILEGGI, 2011). Mesmo com as vantagens ambientais, a utilização do evaporador de percolado não pode ser utilizada em todos os aterros, este equipamento é adequado para aterros de pequeno e médio porte, para aterros de grande porte é necessário a adoção de outras técnicas (DOS SANTOS, 2011).

6 | ALTERNATIVAS PARA USO DO BIOGÁS

Em algumas aplicações, o biogás deve ser tratado e aperfeiçoado, para se adequar a alguns equipamentos. As aplicações mais comuns para o biogás são o aquecimento e a geração de eletricidade também pode ser aplicado como combustível veicular e na iluminação a gás (CANEVER, 2017; ZANETTE, 2009). Para geração de energia mecânica o biogás é usado em motores de combustão interna substituindo os combustíveis convencionais. O biogás também é um combustível adequado para a geração de energia elétrica ou cogeração. Diversas tecnologias estão disponíveis, sendo as principais aplicações em geradores com combustão interna e as turbinas a gás (OBANDO DIAZ, 2006).

6.1 Geração de energia elétrica

Na geração de energia do biogás, ocorre a conversão da energia química do gás em energia mecânica por meio de um processo controlado de combustão. Essa energia mecânica ativa um gerador que produz energia elétrica, assim podendo ser aplicado em motores ciclo otto e em microturbinas (MARQUES, 2012).

6.2 Geração de energia térmica

O processo de tratamento anaeróbico produz biogás, um combustível gasoso que pode ser convertido em energia limpa e renovável. O biogás pode ser usado para gerar calor assim pode ser utilizado na geração de vapor nas caldeiras, economizando com isso óleo combustível (TORRES, 2017).

6.3 Combustíveis para uso Veicular

Ainda que o biogás possa ser utilizado em qualquer aplicação destinada ao gás natural, para seu uso veicular necessita de adaptação e remoção de alguns de seus componentes, tais como: umidade, ácido sulfídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) e partículas (CENBIO, 2016).

6.4 Iluminação a gás

O biogás também pode ser usado para iluminar e aquecer áreas urbanas e rurais, é relevante destacar que os postes de iluminação não podem ser instalados perto de dutos de biogás em um aterro, pois se acontecer algum vazamento o biogás é altamente inflamável (ICLEI, 2009).

7 | CUSTOS

Para os aspectos econômicos do projeto, foram considerados os custos de capital para o desenvolvimento do projeto de aproveitamento do biogás em aterros. Também

foi estimado os custos anuais para a operação, manutenção e as taxas de registro e monitoramento (SILVA, 2015).

7.1 Custos para Instalação do Sistema de Captação do Biogás

Para a instalação do sistema de captação do biogás em aterros sanitários os custos são estimados em R\$ 19.804.860,00. Esses custos estão ligados a todos os equipamentos necessários para a implantação do sistema de coleta e queima do biogás (VANZIN, *et al.* 2006).

Itens	Custo Total Estimado (R\$)
Mobilização e Gestão do Projeto	202.576,00
Tubulação principal de coleta de gás	9.116.933,00
Tubulação lateral	701.723,00
Passarelas	191.637,00
Gestão do Condensado	110.606,00
Poços de Drenagem Vertical	1.308.641,00
Coletores Horizontais	239.868,00
Equipamentos de Ventilação e Queima	5.672.128,00
Engenharia, Contingência e Custos Iniciais de Transação do MDL.	2.260.748,00
Custo Total Estimado	R\$ 19.804.860,00

Tabela 1. Custo para Instalação do Sistema de Captação do Biogás.

Fonte: Adaptado de (SCS ENGINEERS, 2005).

7.2 Custos para Operação e Manutenção do Sistema de Captação do Biogás

Esses custos incluem valores relativos à operação e a manutenção do sistema de coleta do biogás, nele inclui trabalhos como verificações, manutenção de rotina, peças, e substituição de poços (MELLO, 2016).

Itens	
Mão de Obra	
Monitoramento dos custos de equipamentos	
Peças e componentes	
Poços de drenagem adicionais, coletor horizontal, reparação e substituição.	
Engenharia	
Custo Total Estimado (R\$)	R\$ 1.189.470,00

Tabela 2. Custos para Operação e Manutenção do Sistema de Captação do Biogás

Fonte: Adaptado de (SCS ENGINEERS, 2005).

7.3 Custos de Registro e Monitoramento para o Sistema de Captação do Biogás

Alguns Custos anuais adicionais são os custos associados com o ciclo do projeto do MDL, incluindo taxas de registro e monitoramento (SILVA, 2015).

Itens	
Custos administrativos anuais com taxas de registro e monitoramento	
Custo Total Estimado (R\$)	R\$ 161.284,00

Tabela 3 . Custos para Registro e Monitoramento para o Sistema de Captação do Biogás.

Fonte: Adaptado de (SCS ENGINEERS, 2005).

8 | CONCLUSÃO

Este trabalho possui o intuito de analisar a viabilidade do aproveitamento do biogás em aterros sanitários, como uma das alternativas mais viáveis para se resolver os problemas causados pela disposição irregular dos resíduos sólidos e gases provenientes da decomposição do mesmo, bem como os problemas de contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Dessa forma confirma-se a viabilidade ambiental, técnica e econômica, os investimentos iniciais para implantação possuem um alto custo, no entanto, possuem um bom retorno financeiro. Mas para que se desenvolva o projeto de aproveitamento do biogás é necessário um maior investimento nos aterros sanitários do Brasil.

Tendo como base os evaporadores convencionais fabricados no exterior, é possível concluir que o Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS seja equipamento inovador, mas como ele só pode ser implantado em aterros de pequeno porte, acaba se tornando um investimento inviável.

A utilização do biogás pode trazer benefícios para o governo e para a população, pois esse aproveitamento energético do biogás pode gerar impactos econômicos e ambientais positivos, e assim diminuir a sobrecarga das concessionárias de energia elétrica. Mas é necessário que o governo apoie e estimule a adoção de técnicas que aumentem a geração e a coleta do biogás. O Brasil defasado na criação de novas tecnologias no setor de reciclagem, por esse motivo é necessário um maior investimento em pesquisas e tecnologias para se expandir o setor.

REFERÊNCIAS

ABIOGAS – Associação Brasileira de Biogás e Biometano.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos. Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

ALMEIDA, Lêdo Ivo José de. **Potencial de produção de biogás e energia elétrica a partir da remoção da matéria orgânica oriundo de tratamento de esgotamento sanitário na ETE Norte.** 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

BALESTIERI, J. A. P. **Geração de energia sustentável.** 1. ed. São Paulo: UNESP, 2018.

BIDONE, Francisco Antônio. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização.** Brasília: FINEP/PROSAB, 2001.

BOCCHIGLIERI, Miriam Moreira. **O lixiviado dos aterros sanitários em estações de tratamento dos sistemas públicos de esgotos.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BORGES, Marisa Soares. **Tratamento de água e efluentes industriais.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRITO FILHO, Luiz Fernandes. **Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos.** 2005. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BTS – Empresa Brasileira de Termodinâmica de Sistemas.

CANEVER, Víctor Bruno. **Estudo de filtragem de biogás para fins energéticos utilizando como método de filtragem lavador de gases de baixo custo.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa.

DOS SANTOS, Guilherme Garcia Dias. **Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GONÇALVES, Raquel de Souza. **Catadores de materiais recicláveis: trajetórias de vida, trabalho e saúde,** 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** 1. ed. São Paulo: Ciência & saúde coletiva, 2012.

ICLEI, Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais. **Manual para Aproveitamento do Biogás: Volume Um, Aterros Sanitários.** 1. ed. São Paulo: Sustentabilidade de Governos Locais, 2009.

LESSA, Ana Carolina Vilar. **Caracterização do chorume do Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental) - Instituto Federal de Sergipe, Aracaju.

MARQUES, Cleber Aimoni. **Microgeneration of electricity on a farm using biogas as a primary source of electricity,** 2012. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

MARTINS, Luiz Fernando Guarenti et al. **Metodologia para despacho de fontes de GD a biogás em redes de distribuição utilizando lógica Fuzzy,** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. **Introdução à gestão ambiental de resíduos**, 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Maringá.

MELLO, Andrielle Rimoldi. **Avaliação do potencial energético do biogás gerado em aterros sanitários que atendem diferentes faixas populacionais**, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. Gestão integrada de resíduos sólidos: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: **Gestão integrada de resíduos sólidos: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. IBAM, 2001.

NOVI, Juliana Chiaretti. **Avaliação legal, ambiental e econômica da implantação de sistema próprio de tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde para geração de energia em hospital-escola do Estado de São Paulo**, 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

OBANDO DIAZ, Giancarlo. **Análise de sistemas para o resfriamento de leite em fazendas leiteiras com o uso do biogás gerado em projetos MDL**, 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PILEGGI, Flávia Gonzaga. **Inovação Tecnológica no Setor de Aterros Sanitários: O Caso do Evaporador de Percolado (chorume) com a Queima de Biogás**. 1. ed. Rio de Janeiro: Sustentabilidade e Tecnologias de Baixo Carbono no Brasil, 2011.

REZENDE, Andrea das Graças Oliveira Brynner. **Avaliação do potencial energético e econômico do tratamento, destinação e reutilização de resíduos sólidos urbanos (RSU)**. 1. ed. Rio de Janeiro: Conexão Ciência (Online), 2016.

SALOMON, Karina Riberio. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente do biodigestor da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**, 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

SCS ENGINEERS - Stearns, Conrad & Schmidt, Consulting Engineers, Inc.

SILVA, Frederico Pinto da. **Possibilidade de autonomia e soberania energética através do biodigestor anaeróbica em assentamento da reforma agrária: estudo de caso no projeto de assentamento Pequeno Willian-DF**. 2015. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, José Irivaldo. **A dimensão ambiental como política pública e condicionante para o desenvolvimento**, 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SOLVÌ - Empresa Brasileira Atuante nos Segmentos de Resíduos, Saneamento e Valorização Energética e Engenharia.

TORRES, Pedro Jessid Pacheco. **Avaliação Técnico-Econômica de Diferentes Tecnologias de Geração de Eletricidade Para o Aproveitamento Energético de Resíduos de Biomassa em Comunidades Isoladas**, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá,

VANZIN E.; PANDOLFO A.; LUBLO R.; STEFFENON B.; PANDOLFO L. M. **Uso do Biogás em Aterro Sanitário como Fonte de Energia Alternativa: Aplicação de Procedimento para Análise da Viabilidade Econômica no Aterro Sanitário Metropolitano Santa Tecla**, 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Maringá.

VICENTE, A. C. P. M. et al. **Análise ambiental na indústria do biogás em belo horizonte, minas**

gerais, brasil: estudo de caso empresa ASJA (PARTE II). 2. ed. São Paulo: Revista Geográfica de América Central, 2011.

ZANETTE, André Luiz. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** 1. ed. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA

Cristian Jacques Bolner de Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Francieli Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Charles Souza da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Juniele Gonçalves Amador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Charles Nunes de Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Monique Virões Barbosa dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

RESUMO: O Brasil tem potencial para produzir o etanol de segunda geração feito através do bagaço de sorgo biomassa, pois há matéria prima em abundância com fácil acessibilidade. O grande desafio para a sua produção consiste

em determinar a melhor opção de disponibilizar a glicose a partir da hidrólise de celulose em termos de custo global, rendimento glicosídico e fermentabilidade do hidrolisado. Assim, este trabalho teve como objetivo demonstrar diferentes métodos de pré-tratamentos hidrolíticos da celulose em açúcares fermentescíveis para posterior fermentação e produção do bioetanol. Após análises experimentais, o maior resultado encontrado, em frascos agitados, para a produção de etanol foi de 19,3 g/L, com um rendimento final de 45% e produtividade volumétrica de 0,77 g/Lh, a partir do sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pré-tratado, utilizando a carga enzimática de 35 FPU/g.

PALAVRAS-CHAVE: Energias renováveis, Biocombustível, Hidrólise, Celulose.

BIOETHANOL PRODUCTION USING BIOMASS CELLULOSIC HYDROLYSED

ABSTRACT: Brazil has the potential to produce second-generation ethanol through biomass sorghum bagasse, since there is abundant raw material with easy accessibility. The great challenge for its production is to determine the best option to provide glucose from the hydrolysis of cellulose in terms of overall cost, glycosidical yield and fermentability of the hydrolyzed. Thus,

this composition aimed at demonstrating different methods of hydrolytic pretreatment of cellulose in fermentable sugars for later fermentation and bioethanol production. After the experimental analysis, the highest result found in shaken flasks for ethanol production was 19.3 g/L, with a final yield of 45% and volumetric productivity of 0.77 g/Lh, from biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pretreated, using the enzyme loading of 35 FPU/g.

KEYWORDS: Renewable energy, Biofuel, Hydrolysis, Cellulose.

1 | INTRODUÇÃO

A energia renovável é uma fonte fundamental de energia, que contribui para a segurança energética, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa. O aumento da população mundial gera uma forte demanda mundial de energia, o que implica em incremento no consumo dos mais variados produtos e, por conseguinte, intensificação da atividade industrial (VINUTHA et al., 2014).

Referência internacional na geração e na utilização de fontes renováveis de energia, o Brasil, reencontra-se em uma grande oportunidade de desenvolvimento econômico e social, por meio dos biocombustíveis, pois possui abundante biodiversidade e grandes extensões de terras agricultáveis e com clima propício (CERQUEIRA, 2013).

No entanto, segundo Wu (2011) ainda apresenta problemas para suprimento de sua demanda interna, cuja proposta para solução desse impasse, entre outras, é a pesquisa e o desenvolvimento de novas matérias primas, para diversificação e ampliação da matriz energética renovável.

E entre as diversas matérias-primas renováveis que estão sendo avaliadas atualmente para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo biomassa, pois é abundante em matéria seca, característica responsável pelo fornecimento de energia. A planta possui muitas folhas, caule fibroso e chega a mais de cinco metros de altura, além de alto potencial produtivo, superior a 100 toneladas de matéria fresca por hectare para semeio na safra (outubro/novembro). Tem ciclo longo, de 150 a 210 dias. É uma solução para o agricultor que trabalha com uma única safra por ano (NOVACANA, 2017).

Além disso, a capacidade de adaptação a climas tropicais e temperados, sua elevada eficiência na utilização da água, sua tolerância à estiagem e sua capacidade potencial de produzir grandes quantidades de biomassa lignocelulósica são alguns dos numerosos pontos fortes dessa planta. Assim, a grande potencialidade para a obtenção do etanol lignocelulósico ou de segunda geração se faz presente (PARRELLA, 2013).

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em investigar a produção de etanol de segunda geração a partir do sorgo biomassa, através da conversão de celulose em glicose, utilizando pré-tratamentos químicos e enzimático.

2 | METODOLOGIA

2.1 Microrganismo

A levedura, *Sacharomyces cerevisiae*, utilizada nas fermentações foram adquiridas comercialmente (marca Fleischmann).

2.2 Ativação e propagação celular

O cultivo do pré-inoculo foi realizado em frascos cônicos de 500 mL, com 200 mL de meio líquido a pH 5,0, a 30°C e agitação de 200 rpm, nas seguintes concentrações em g/L: 4 de levedura desidratada, 20 de glicose; 2,5 de extrato de levedura, 1 de sulfato de amônia, 0,5 de fosfato de potássio e 0,5 de sulfato de magnésio heptahidratado. Os meios de cultura para o pré-inoculo foram autoclavados por 15 minutos, a temperatura de 121°C.

2.3 Material experimental

O sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), utilizado no experimento foi, inicialmente, seco a 60°C em estufa, por 12 horas. Em seguida, o mesmo foi triturado e acondicionado em sistemas herméticos para posterior uso.

2.4 Pré-tratamento do sorgo biomassa

O pré-tratamento ácido foi realizado para desorganizar a matriz lignocelulósica e remover a fração hemicelulósica (BETANCUR et al., 2010). O pré-tratamento alcalino se fez necessário para aumentar a acessibilidade das enzimas às fibras celulósicas (BARCELOS et al., 2012). Após os pré-tratamentos químicos, realizou-se a etapa de hidrólise enzimática, na qual a celulose foi convertida a açúcares fermentáveis. Todas as condições para a realização do pré-tratamento da biomassa para a hidrólise, encontra-se na Tabela 01.

Processo	Descrição	Tempo de Reação
Pré-Hidrólise Ácida	Adição de ácidos sulfúrico diluído a 1,0% (v/v), relação sólido:líquido 1:2,8 (g/ml) em temperatura de 121 °C, com tempo de exposição de 30 minutos em autoclave	30 min
Pré-Hidrólise Alcalina	NaOH a 4% (m/v), na relação sólido:líquido de 1:20.	30 min
Enzimática	Hidrólise enzimática com uso de um preparado celulásico comercial (SigmaAldrich, USA), O experimento foi desenvolvido, utilizando-se diferentes concentrações de cargas enzimáticas (FPU/g): 15, 20, 25, 30, 35 e 40. A temperatura mantida em 50°C, durante 12 horas.	12 Horas

Tabela 01. Processos para pré-tratamento da biomassa para hidrólise

2.5 Fermentação

A cinética do processo de fermentação foi realizada em shaker utilizando erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL de meio de fermentação (item 2.2), sem adição de glicose, a qual foi substituída pelo pré-hidrolisado de celulose. O pH inicial do meio foi de 5,0, temperatura de 30°C e agitação de 100 rpm, durante 24 horas.

2.6 Métodos analíticos

2.6.1 2.Quantificação de Microrganismos

A alíquota de 10 mL da biomassa centrifugada foi transferida para um placa previamente tarada e seca em estufa a 80°C até peso constante. O valor da massa seca foi obtido pela diferença de peso da placa.

2.6.2 Determinação da Atividade Enzimática

Para a enzima celulase, a atividade foi determinada como atividade de papel de filtro e expressa em unidades de papel de filtro (FPU) por volume de enzima original, como recomendado pela IUPAC (GHOSE, 1987).

2.6.3 Determinação de Etanol e Açúcares

A análise da concentração de etanol e da determinação de glicose foram realizadas através do método Steckelberg (2001) e do método de DNS de Miller (1959), respectivamente.

2.6.4 Rendimento

Os parâmetros cinéticos, calculados no término das fermentações, foram o rendimento e a produtividade (grama de etanol por grama de açúcares redutores), conforme demonstrados nas equações (1) e (2), respectivamente.

$$Y_{P/AR} = \frac{EC_F}{(TS_1 - TS_F) \cdot 0,511} \cdot 100 \quad (1)$$

$$P_E = \frac{EC_F}{T} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

$Y_{P/AR}$ = Rendimento de etanol formado em relação ao consumo do açúcar redutor (%);

E_{CF} = Concentração de etanol ao final da fermentação (g/L);

T_{SF} = Concentração de açúcar final (g/L);

T_{S1} = Concentração de açúcar inicial (g/L).

P_E = Produtividade de etanol;

t = tempo de fermentação (h).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da hidrólise em relação a variação da carga enzimática durante o pré-tratamento com celulase comercial.

Visando definir a melhor condição que resultasse em elevadas concentrações de glicose, a partir da celulose hidrolisada, variou-se a carga enzimática em 15, 20, 25, 30, 35 e 40 FPU/g. Os ensaios foram conduzidos com um tempo de pré- hidrólise enzimática de 12 h.

Após as análises experimentais, observou-se que a maior produção de glicose encontrada, a partir do sorgo biomassa foi com 35 FPU/mL, atingindo cerca de 43,2 g/L de glicose. De acordo com Vásquez (2007), esse comportamento se justifica pelo fato do material (biomassa), provavelmente, apresentar uma composição química menos favorável ao processo hidrolítico, ou seja, maiores teores de lignina e hemicelulose, acarretou na utilização de maiores cargas enzimáticas no meio.

3.2 Resultados dos processos fermentativo

A melhor carga enzimática encontrada nos experimentos realizados foi de 35 FPU/g biomassa seca pré-tratada, acarretando em 43 g/L de glicose. Tais experimentos foram realizados com um tempo de pré-hidrólise enzimática de 12 h e concentração de sólido fixo a 6% (m/v). Nas duas fermentações realizadas (duplicata), utilizou-se em ambas, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, como pré-inóculo, na concentração de 10% do volume de trabalho.

Na Figura 1, observa-se o perfil cinético do processo de hidrólise enzimática do sorgo biomassa pré-tratado em frascos agitados, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*.

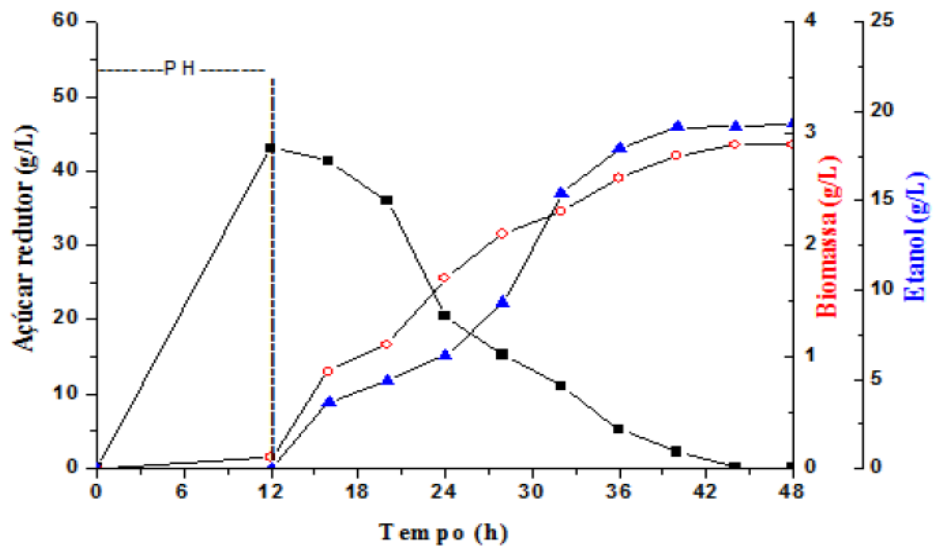


Figura 1 - Perfil cinético do processo de pré-hidrólise enzimática (PH) de celulose e das concentrações de substrato, produto e biomassa em função do tempo de fermentação a partir de sorgo biomassa pré-tratado, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*. g/L: (■) açúcar redutor; (▲) Etanol; (○) Biomassa.

Fonte: (Autor, 2018)

Percebe-se, na Figura 1, que a concentração inicial de glicose, 43,2 g/L, foi convertida em uma concentração final de 19,3 g/L de etanol no período de 36 horas de fermentação, com pH inicial de 5,0 (sem controle), a uma temperatura de 30°C, sob agitação orbital de 100 rpm.

Vale ressaltar que a maior produtividade volumétrica obtida neste processo foi de 0,77 g/Lh, em um tempo de fermentação de aproximadamente, 20 horas. Contudo, todo o substrato foi consumido após 32 horas de processo fermentativo, obtendo-se um rendimento de 45%.

Rabelo (2010), atingiu rendimentos 87,4% para o hidrolisado do bagaço de cana de açúcar pré-tratado com hidróxido de cálcio e de 88,4% para o hidrolisado do bagaço pré-tratado com peróxido de hidrogênio alcalino. Vásquez (2007), atingiu 70 g/L de etanol a partir de processos de sacarificação e fermentação simultânea (SSF) a partir do bagaço de cana sob condições semelhantes, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*. As maiores diferenças entre os resultados obtidos no presente estudo, quando comparados com Vásquez (2007), provavelmente, está associado ao tempo de hidrólise enzimática da biomassa pré-tratada, pois os ensaios conduzidos por Vasquez foram com um tempo de pré-hidrólise enzimática de 50 h. Isso, provavelmente, possibilitou uma hidrólise mais eficiente no experimento. Já Souza (2014) verificou-se que o rendimento em etanol foi maior quando o bagaço foi submetido inicialmente a uma pré-hidrólise a 50°C por 72 horas.

Manoj (2016), em seus estudos, sacarificando 2kg de sorgo biomassa com ácido sulfúrico a 3% (v/v), durante 60 minutos a 180°C, obteve uma porcentagem de 36,3% de açúcar. Durante o rastreamento das culturas de leveduras, verificou-se que os isolados C, MK-I e N eram potentes produtores de etanol a partir do hidrolisado de

sorgo. A cultura MK-I foi a melhor utilizada para aumentar a produção de etanol até 25 L de capacidade, o que proporcionou um rendimento de 0,49 g de etanol/g de açúcar a partir do hidrolisado obtido.

De acordo com Eulogio (2017), o sorgo biomassa deslignificado, resultante do bagaço pré-tratado, por explosão a vapor de ácido fosfórico diluído, submetida ao processo de liquefação mais sacarificação simultânea, utilizando uma concentração enzimática de 11,5 FPU/ biomassa seca pré-tratada (enzima Novozymes Cellic CTec3) foi de 27,5 g/L de etanol.

Com relação à eficiência do processo, neste trabalho, obteve-se o valor de 87%, ou seja, um grande resultado, visto que no processo industrial, a eficiência fermentativa atinge de 90 a 92% do rendimento estequiométrico, havendo o consumo de açúcar para formação de biomassa celular e subprodutos (LIMA et al., 2001). Ratnavathi et al. (2010), obtiveram valores de eficiência fermentativa na faixa de 86,5 a 94,7% para sorgo sacarino utilizando leveduras *Saccharomyces cerevisiae* CFTR 01.

4 | CONCLUSÃO

- O sorgo biomassa, da espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench, demonstrou ter um bom potencial para a produção de etanol de segunda geração;
- A concentração de etanol máxima produzido foi de 19,3 g/L em 32 horas de fermentação, consumindo 100% do substrato;
- A máxima produtividade volumétrica alcançada foi de 0,77 g/Lh, durante 20 horas de processo, com um rendimento final de 45%;
- A melhor carga enzimática para a hidrólise da celulose, a partir do sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], pré-tratado com celulase comercial, foi de 35 FPU/g, obtendo uma concentração máxima de 43,2 g/L de glicose;
- Verificou-se, que o aumento da carga enzimática, nos testes fermentativos, aumentou a produção de etanol. Contudo, acima de 35 FPU/g a de produção etanol diminui.

5 | AGRADECIMENTOS

À Pró-reitora de pesquisa do Instituto Federal do Mato Grosso (PROPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

AQUARONE, E. et al. **Biotechnology na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 523p., 2001.

BARCELOS, C. A. et al. **The Essentialness of Delignification on Enzymatic Hydrolysis of Sugar**

Cane Bagasse Cellulignin for Second Generation Ethanol Production. Waste and Biomass Valorization, v. 3, p. 255-260, 2012.

BETANCUR, G. J. V.; PEREIRA, Jr. N. **Sugarcane bagasse as feedstock for second-generation ethanol production. Part I: Diluted acid pretreatment optimization.** Electronic Journal of Biotechnology, v. 13, n. 3, p. 10-11, 2010.

CERQUEIRA, D. P. **Fermentação alcoólica de mosto com alta concentração de açúcar.** 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado de ciência e tecnologia em alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

EULOGIO, C. et al., **Potential for ethanol production from different sorghum cultivars.** Industrial Crops and Products, v. 109, p. 367-373, 2017.

GHOSE, T. K. **Measurement of cellulase activities.** Pure & Applied Chemistry, Oxford, v. 59, n. 2, p. 257-268, 1987.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. In: LIMA, U. A. (Coord.). **Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos.** São Paulo: Edgard Blücher. Biotecnologia industrial, v.3, p. 1-43, 2001.

MANOJ, K., et al. **Pretreatment optimization of Sorghum pioneer biomass for bioethanol production and its scale-up.** Bioresource Technology, v. 199, p. 142-147, 2016.

MILLER, G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars.** Analytical Chemistry, v.31, p. 426-428, 1959.

NOVACANA. **NexSteppe fecha parceria para comercializar sorgo biomassa da Embrapa.** Disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/alternativas/nexsteppe-parceria-comercializar-sorgo-biomassa-embrapa-030417/> Acesso em 03/03/2018.

PARRELLA, R. A. C. Cultivares. In: MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F.C. **Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, v.2, p. 65, 2013.

RATNAVATHI, C.V. et al. **Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice.** Biomass and Bioenergy, v. 34, p. 947-952, 2010.

SOUZA, R. D. **Produção de etanol a partir de hidrolisado enzimático do bagaço da cana-de-açúcar por leveduras isoladas do bioma amazônico.** 2014. 154 f. Dissertação (Mestre em Biotecnologia Industrial). Faculdade de Biotecnologia Industrial, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

STECKELBERG, C. **Caraterização de leveduras de processo de fermentação alcoólica utilizando atributos de com posição celular e características cinéticas.** 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

VÁSQUEZ, M. P. **Desenvolvimento de processo de hidrolise enzimática e fermentação simultâneas para a produção de etanol a partir de sorgo biomassa.** 2007. 185 f. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

VINUTHA, K. S. et al. **Sweet Sorghum Research and Development in India: Status and Prospects.** Sugar Technology, v. 16, n. 2, p. 133-143, 2014.

WU, L. et al. **Efficient conversion of sugacane stalks into etanol employing low temperature alkali pretreatment method.** Bioresource Tecnology, v. 102, p. 11183-11188, 2011.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC

Bruna Weinhardt da Silveira

UNC – Universidade do Contestado.
Departamento de Engenharia Civil.
Canoinhas. SC.

Leila Cardoso

UNC – Universidade do Contestado.
Departamento de Engenharia Civil.
Canoinhas. SC.

Olaf Graupmann

UNC – Universidade do Contestado.
Departamento de Engenharia Civil.
Mafra SC.

RESUMO: A produtividade das lavouras é afetada nas propriedades rurais, e a infraestrutura das áreas urbanas é colocada em risco. Há uma forte ligação entre as mudanças climáticas e o setor energético, incluindo as energias renováveis, que mesmo contribuindo para a redução nas alterações climáticas, dependem muito da dotação de recursos naturais (SCHAEFFER et al., 2012). Objetivava-se estudar a possibilidade de uso do biogás produzido a partir dos dejetos de suínos para a geração de energia elétrica às propriedades rurais da região de Canoinhas/SC. Sendo esta pesquisa bibliográfica com busca de fontes impressas e online para comparar resultados já pesquisados. A aplicabilidade do biogás originado para a geração de energia elétrica

torna-se uma opção que, de acordo com o que foi exposto, apresenta inúmeras vantagens ao produtor rural.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás. Energia elétrica. Suínos.

ABSTRACT: Farm productivity is affected on rural properties, and infrastructure in urban areas is put at risk. There is a strong link between climate change and the energy sector, including renewable energies, which, while contributing to climate change reduction, depend heavily on natural resource endowment (SCHAEFFER et al., 2012). The objective of this study was to study the possibility of using biogas produced from swine manure for the generation of electric power to rural properties in the region of Canoinhas / SC. Being this bibliographic search with search of printed and online sources to compare results already searched. The applicability of the biogas originated for the generation of electric power becomes an option that, according to what has been exposed, presents innumerable advantages to the rural producer.

KEYWORDS: Biogas. Electricity. Swine.

1 | INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas fazem parte dos problemas atuais, pois ameaçam a

qualidade de vida da população mundial e o equilíbrio natural da biosfera. Com isso, a produtividade das lavouras é afetada nas propriedades rurais, e a infraestrutura das áreas urbanas é colocada em risco. Há uma forte ligação entre as mudanças climáticas e o setor energético, incluindo as energias renováveis, que mesmo contribuindo para a redução nas alterações climáticas, dependem muito da dotação de recursos naturais (SCHAEFFER et al., 2012). No Brasil, o emprego de fontes renováveis de energia não é novidade, pois a energia elétrica é responsável por mais de 80% de toda a eletricidade consumida no país (SOUZA et al, 2004). No entanto, o elevado custo de energia atinge com maior intensidade a população rural menos capitalizada, seja no uso doméstico ou na produção. Haja vista que Canoinhas/SC é uma das cidades que mais produz suínos na região e os impactos ambientais que podem ser causados por essa atividade, tais como; a contaminação de rios e solos devido a alta concentração de dejetos de produção animal, o desconforto com os fortes odores e o agravamento do efeito estufa e, a diminuição na capacidade produtiva dos solos; desenvolveu-se uma necessidade de aproveitamento dos dejetos desses animais. Desse modo, como alternativa para a resolução desse problema optou-se pelo estudo do processo de biodigestão anaeróbica para a produção de biogás como fonte de energia nas propriedades rurais. Objetiva-se estudar a possibilidade de uso do biogás produzido a partir dos dejetos de suínos para a geração de energia elétrica às propriedades rurais da região de Canoinhas/SC.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Caracteriza-se pela modalidade bibliográfica por meio de análise da literatura referente ao aproveitamento de dejetos de suínos na geração de energia elétrica às propriedades rurais e de dados estatísticos da produção de suínos na região de Canoinhas/SC.

3 | RESULTADOS

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2016, a cidade de Canoinhas/SC possui um rebanho de suínos de 62.969 cabeças, sendo 846 matrizes. Em termos regionais, caracteriza-se por ser o segundo maior produtor de suínos. Visando a redução dos impactos ambientais causados pelos dejetos de suínos e o seu aproveitamento nas propriedades rurais, sugere-se a implantação de um biodigestor anaeróbico para o tratamento dos dejetos, obtenção de biogás e conservação do efeito fertilizante do produto final. Biodigestores são equipamentos construídos para produzir a degradação da biomassa residual sem contato com o ar, fazendo com que as bactérias passem a acelerar o processo de degradação. Com a ação dos microrganismos, a matéria decomposta causa um gás chamado biogás, que fica retido na parte livre do biodigestor. Em seguida, o biogás passa a ser canalizado e

pode ser utilizado para a geração de energia elétrica ou em processos de aquecimento ou resfriamento (JÚNIOR, 2009). De acordo com Oliveira (1993), as operações de manejo que devem ser realizadas diariamente pelo produtor rural são: manter os animais presos durante parte do dia; coletar o esterco e depositá-lo na caixa de entrada; adicionar água em quantidade correta; misturar e liberar para o biodigestor; utilizar o biofertilizante nas hortas e; utilizar o biogás como gás de cozinha, geração de eletricidade, etc. Para gerar a energia elétrica através do biogás deve-se analisar as tecnologias dispostas para esse fim, como: o conjunto gerador de eletricidade, que consiste em um motor de combustão interna ciclo Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para o uso do biogás, acoplado a um gerador de eletricidade, que independe da rede de energia elétrica da concessionária ou; o conjunto gerador economizador de eletricidade, que consiste num motor de combustão interna ciclo Otto adaptado ao uso do biogás acoplado a um motor assíncrono, com dois ou quatro pólos, que gera energia quando conectado à rede de energia elétrica da concessionária (OLIVEIRA, 2004). A avaliação de La Farge (1995, apud KUNZ; OLIVEIRA, 2006) sobre a geração de energia elétrica com o uso do biogás em propriedades produtoras de suínos concluiu a viabilidade técnica e econômica deste tipo de geração de energia. Para Salomon e Lora (2005), as vantagens da produção de energia elétrica a partir do biogás são claras: geração próxima aos pontos de carga por uma fonte renovável tratada como resíduo, possibilidade de renda extra, redução de emissão de metano na atmosfera, entre outros.

4 | CONCLUSÕES

É evidente a necessidade de tratamento e aproveitamento dos dejetos de suínos nas propriedades rurais amenizando o impacto causado ao meio ambiente e, desse modo, a aplicabilidade do biogás originado para a geração de energia elétrica torna-se uma opção que, de acordo com o que foi exposto, apresenta inúmeras vantagens ao produtor rural. Assim, na região de Canoinhas/SC, essa alternativa pode ser muito proveitosa devido à grande produção de suínos.

REFERÊNCIAS

IBGE, **Produção da Pecuária Municipal 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JÚNIOR, B. C. **Embrapa – Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu: FAO. 2009.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.V.O Reunião técnica sobre biodigestores para tratamento de dejetos de suínos e uso de biogás. **Documentos**, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n. 106, 1-53, 2006.

OLIVEIRA P. (Coord.). **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Documentos, Concórdia: Embrapa; CNPSA, n. 27, 1993.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. Cap. 4, p.43-55.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. **Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil**. Biomassa & Energia, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 57-67, jan./mar. 2005.

SCHAEFFER, R., SZKLO, A.S., LUCENA, A.F.P, BORBA, B.S.M.C, NOGUEIRA, et al., “**Energy sector vulnerability to climate change: a review**”, 2012, Energy, n° 38, p.1 a 12, 2012.

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C.; Pavan, A. A. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída, Campinas, 2004.

MODELAGEM DE BIORREACTORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL

Guilherme Guimaraes Ascendino

Universidade Federal de São João Del Rei
(UFSJ), DEQUI
Ouro Branco - MG

Juan Canellas Bosch Neto

Universidade Federal de São João Del Rei
(UFSJ), DEQUI
Ouro Branco - MG

Laura de Oliveira Martins Torres

Universidade Federal de São João Del Rei
(UFSJ), DEQUI
Ouro Branco - MG

RESUMO: Fatores ambientais, econômicos e políticos têm elevado o interesse das nações pela utilização de etanol como alternativa aos combustíveis fósseis veiculares. Para suprir a demanda mundial, potencializar a produção obtenção de etanol através de modelos matemáticos de simulação e otimização dos processos é altamente desejável. O presente trabalho consistiu em realizar a modelagem computacional de quatro biorreatores contínuos em série para a produção de etanol. Para isso, um estudo de caso industrial real foi realizado, a partir do trabalho de Porto (2005). A revisão bibliográfica abordou a fermentação alcoólica em âmbito industrial e a modelagem computacional do processo fermentativo. A modelagem do estudo de caso foi baseada em balanços de massa, os quais englobam a

cinética do processo fermentativo, obtendo-se um sistema de equações diferenciais não lineares com doze equações que foi resolvido através do software SCILAB. As equações foram resolvidas por método numérico de Runge-Kutta de quarta ordem. Foi escolhido o modelo cinético de Andrietta (2003), o qual considera possíveis inibições pelo substrato, produto e biomassa. Comparou-se os resultados obtidos nesse trabalho com os resultados de Porto (2005) notando que os resultados de Porto (2005) tiveram resultados aquém dos obtidos nesse trabalho. No estudo de caso observou-se a necessidade de inserir correntes extras de substrato nos biorreatores dois, três e quatro de forma a garantir a continuidade do processo de fermentação. Com isso, na simulação, obteve-se um aumento de vinte e dois por cento em termos de produção de etanol comparado ao processo industrial citado por Porto (2005).

PALAVRAS-CHAVE: biocombustíveis, biorreatores, fermentação, simulação, Runge-Kutta.

MODELING OF BIOREACTORS IN SERIES
AND WITH RECYCLE FOR ETHANOL
PRODUCTION THROUGH AN INDUSTRIAL
CASE STUDY

1 | INTRODUÇÃO

O modelo de industrialização seguido pela humanidade gerou uma dependência global pelos produtos do refino do petróleo. A eminência de escassez e as questões ambientais, econômicas e geopolíticas em torno desse recurso natural não-renovável fomentou, nos últimos anos, o desenvolvimento de processos de obtenção de fontes de energia alternativas e sustentáveis, em especial de biocombustíveis, como o etanol. O Brasil é reconhecido como o país de grande potencial para a produção de biocombustíveis na atualidade, pois é o maior produtor mundial de cana de açúcar e possui experiência de produção e uso de etanol (BORGES, 2011; CONAB, 2018). Entretanto, atualmente, o país enfrenta uma demanda pela inserção de novas tecnologias e práticas de aumento de produtividade. Frente a esse quadro, o desenvolvimento de modelos matemáticos apropriados que possibilitem a simulação, otimização e implementação nos processos é altamente desejável (BUENO, 2006).

Os biocombustíveis têm se tornado uma importante fonte de energia alternativa, principalmente aqueles com capacidade de substituir, em parte, os combustíveis veiculares. Os biocombustíveis são produzidos a partir de fontes renováveis (biomassa), seja esta produzida especificamente com esse propósito, nos chamados cultivos energéticos – “Biocombustíveis de primeira geração” – ou obtida a partir de resíduos orgânicos de algum processo, caracterizando-a biomassa residual – “Biocombustíveis de segunda geração” (CINELLI, 2012).

No Brasil, a indústria sucroenergética já é de grande importância para a economia nacional, sendo o etanol produzido a partir da fermentação alcoólica de mosto derivado de cana-de-açúcar a principal forma de produção do país. Ele pode ser utilizado como combustível nos veículos flex fuel (hidratado), misturado com a gasolina, com o objetivo de baratear o combustível, aumentar sua octanagem e reduzir a emissão de poluentes (anidro), além da utilização na fabricação de tintas, vernizes e solventes (CONAB, 2016).

A implantação e desenvolvimento da produção de álcool combustível em larga escala no Brasil trouxeram a oportunidade e a necessidade de um grande desenvolvimento tecnológico. A produção de etanol a partir matérias primas solúveis ocorre por meio da fermentação alcoólica dos açúcares presentes por leveduras. Para produzir etanol, a fermentação é um dos principais parâmetros a ser controlado (RIBEIRO *et al.*, 2015).

Dentre os diversos aspectos relacionados com o processo de fermentação alcoólica, os estudos de modelagem cinética do processo fermentativo têm merecido especial atenção. A presença de modelos do processo torna a atuação dos profissionais que atuam na área engenharia de processos mais assertiva, aumentando a competitividade das plantas comerciais. A representação dos processos através de equações matemáticas é conhecida como modelagem de processo. A complexidade dos modelos matemáticos encontrados dependerá do quanto eles se aproximam

da realidade (BURDEN; FAIRES, 2010). A modelagem e simulação de processos é uma ferramenta bastante utilizada devido à possibilidade que oferece em simular equipamentos e alterar variáveis de processo, avaliando o seu desempenho sem interferir no sistema operante (SILVA, 2012). Nos processos fermentativos, modelos cinéticos clássicos considerando efeitos inibitórios do substrato e do produto têm sido propostos e utilizados na simulação (DARÉ, 2009).

2 | OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo modelar e simular uma unidade fermentativa industrial para a produção de etanol constituída de quatro biorreatores contínuos em série com corrente de reciclo, bem como estudar essa configuração em comparação a um estudo de caso de uma indústria de álcool.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

A utilização em larga escala do álcool combustível oferece um exemplo prático de desenvolvimento sustentável ao combinar contribuição à melhoria do meio ambiente, exploração de vocações econômicas locais e geração de emprego e renda nas zonas de plantio/produção, descentralizando dos grandes centros urbanos (DEIMLING; BORILLI, 2005).

Ante a pluralidade dos combustíveis, destaca-se o etanol (C_2H_5OH). Este álcool é um composto orgânico, incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água, sendo utilizado mundialmente como combustível automotivo devido a seu elevado índice de octano (108) e bom teor de oxigênio (35%), o que atribui uma rápida e limpa combustão quando comparado à gasolina (SILVA, 2012). Além disso, ele pode ser obtido de três formas: por destilação de líquidos alcoólicos como a cerveja; por via sintética, a partir da hidratação do etileno e etino ou a partir de gases de petróleo e hulha; e por via fermentativa através da fermentação de açúcares (glicose, sacarose e frutose) sob condições anaeróbias (SOUSA, 2016).

A fermentação (catabolismo anaeróbico) é um processo metabólico pelo qual se forma etanol, CO_2 e outros subprodutos através da transformação de substratos orgânicos (que contêm açúcares), pela ação de microrganismos ou enzimas. Basicamente, a fermentação alcoólica é uma das vias de um processo fermentativo, onde há a produção de álcool etílico e desprendimento de gás carbônico no processo.

Industrialmente, os processos de fermentação alcoólica chegam a 96% de rendimento estequiométrico, e podem ocorrer em três formas diferentes: processo em batelada simples, em batelada alimentada (Melle-Boinot) e contínuo. O processo mais simples empregado é em batelada. É um processo bastante lento (quando comparado a um contínuo), em que se gasta bastante tempo inclusive na limpeza do

reator. É um processo descontínuo em que se utiliza um novo inóculo a cada batelada realizada (GOMEZ, 2011). Diversos estudos são encontrados na literatura acerca do tipo de fermentador utilizado na produção de etanol, abrigando processos em batelada (alimentada) ou contínuos. Muitas vezes, nota-se a utilização de reatores em série como forma de otimizar o rendimento do processo.

O estudo da cinética de um processo fermentativo é imprescindível para se obter um conhecimento sobre quais fatores afetariam a velocidade de uma reação química, podendo ser correlacionados por meio de equações matemáticas e se determinados, permitem ações de otimização do processo (COPERSUCAR, 1987).

Considerando as variáveis de substrato (S), concentração de microrganismos (X) e concentração de produto (P) presente no meio ao longo de um determinado tempo t é possível determinar as velocidades de transformações instantâneas (DARÉ, 2009), representadas pelas Equações 1, 2 e 3.

$r_x = \frac{dX}{dt}$	(1)
$r_s = -\frac{dS}{dt}$	(2)
$r_p = \frac{dP}{dt}$	(3)

Onde r_x , r_s e r_p correspondem às velocidades instantâneas de microrganismos, substrato e produto, respectivamente.

Segundo Daré (2009), o estudo da cinética dos processos fermentativos exige o conhecimento e a utilização de parâmetros que possibilitem a análise da produção de células e produção da substância desejada, como o etanol. Entre estes parâmetros encontram-se a velocidade específica de crescimento celular (μ_x ou simplesmente μ), a velocidade específica de consumo de substrato (e a velocidade específica de formação de produto (μ_p), que se relacionam com as respectivas velocidades instantâneas pelas Equações 4, 5 e 6.

$\mu_x = \mu = \frac{r_x}{X}$	(4)
$\mu_x = \mu = \frac{r_x}{X}$	(5)
$\mu_p = \frac{r_p}{P}$	(6)

Onde X, S e P correspondem às concentrações finais de microrganismos, substrato e produto, respectivamente.

O rendimento celular e o rendimento do produto em relação a um substrato S

no meio é definido pelas Equações 7 e 8, respectivamente (KATOH, HORIUCHI e YOSHIDA, 2015).

$Y_{X/S} = \frac{X_{final} - X_0}{S_0 - S_{final}}$	(7)
$Y_{X/S} = \frac{X_{final} - X_0}{S_0 - S_{final}}$	(8)

Onde $Y_{X/S}$ e $Y_{X/s}$ correspondem aos rendimentos em células e em produto, respectivamente, em relação a quantidade de substrato consumida. X_0 , S_0 e P_0 são as concentrações iniciais de células, substrato e produto, respectivamente e X_{final} , S_{final} e P_{final} são as concentrações finais dos mesmos componentes.

Segundo Elnashaie e Garhyan (2003), os rendimentos bioquímicos substituem os números estequiométricos utilizados nas reações químicas. Portanto, as equações de taxa para cada componente se relacionam pela equação 9 (LEVENSPIEL, 2000).

$Y_{X/S} = \frac{X_{final} - X_0}{S_0 - S_{final}}$	(9)
---	-----

Cada modelo cinético descreve o crescimento microbiano para uma levedura específica, em condições experimentais diferentes. Alguns deles com aproximação convencional baseada na cinética de Michaelis-Menten possuem constantes cinéticas com valores específicos apresentados pelos seus autores, de acordo com os experimentos feitos por eles. Dentre tais modelos, destaca-se o de Andrietta *et al.* (2003), indicado pela equação 10.

$\mu = \mu_{m\acute{a}x} \left(\frac{S}{k_s + S + \frac{S^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P}{P_{m\acute{a}x}} \right)^n \left(1 - \frac{X}{X_{m\acute{a}x}} \right)^m$	(10)
--	------

Os valores das constantes cinéticas do supracitado modelo desenvolvido, adaptadas de Porto (2005), estão dispostos na tabela 1.

k_s	$\mu_{m\acute{a}x}$	$P_{m\acute{a}x}$	$X_{m\acute{a}x}$	n	m	k_i
5	0.45	93	90	2	1,4	42

Tabela 1. Parâmetros cinéticos do modelo apresentado na Equação 10.

A modelagem matemática de processos fermentativos pode ser definida como a tentativa de representar os balanços de massa para cada componente do biorreator associados às complexas reações bioquímicas que ocorrem nos processos e às velocidades com que estas se processam (LIMA *et al.*, 2001). Sistemas de fermentação são altamente sensíveis às mudanças anormais em condições operacionais. Para assegurar que o máximo rendimento possível de produto seja obtido é necessário garantir que as condições dentro do fermentador permaneçam essencialmente programadas ao redor de uma trajetória pré-especificada e que o sistema mantenha-se operando suavemente. Uma fermentação livre de maiores transtornos é seguramente mais produtiva que uma sujeita a perturbações significativas (LENNOX *et al.*, 2000; BOREATO, 2012).

As equações de balanço do processo devem ser formuladas para cada variável de estado e para o volume de controle do sistema em estudo. A simulação de modelos normalmente envolve a resolução de equações diferenciais do tipo $x = f(x,t)$, sendo que métodos numéricos são utilizados para a resolver a equação diferencial (AGUIRRE, 2004). Dentre os métodos numéricos, os de Runge-Kutta são muito utilizados para a integração de sistemas de equações diferenciais ordinárias devido sua simplicidade, alta precisão e versatilidade de aplicações (CUNHA, 2003).

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Porto (2005), estudou uma usina de álcool e os parâmetros utilizados em seu processo fermentativo. A usina possuía quatro biorreatores em série, sendo o volume deles 601,8 m³, 413,8 m³, 331,8 m³ e 262,1 m³, consecutivamente. A configuração da planta está explicitada na Figura 1.

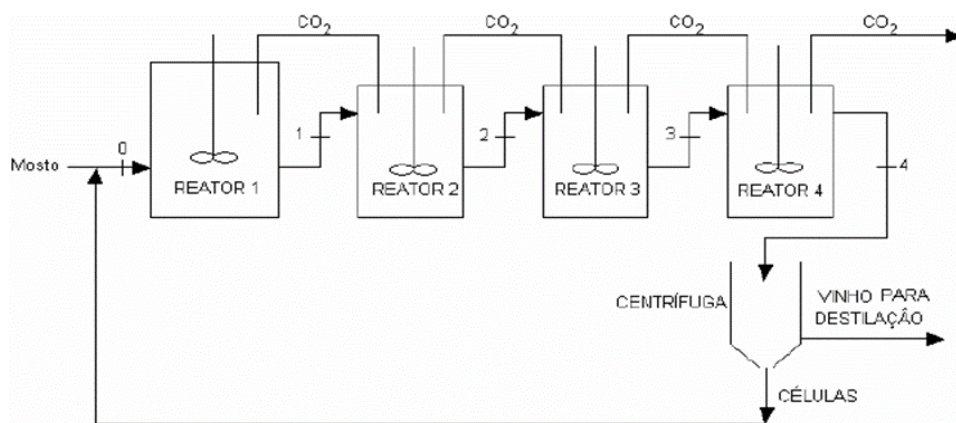


Figura 1. Esquema da etapa de fermentação (PORTO, 2005).

Durante o período de julho/2002 a agosto/2002, Porto (2005) coletou todos os parâmetros necessários para realizar a simulação do processo através do software Delphi 7.0, tais como vazão do mosto, vazão de reciclo, ART do mosto e rendimentos,

mostrados nas Tabelas 2 e 3.

	Substrato (g L ⁻¹)	Células (g L ⁻¹)	Etanol (g L ⁻¹)
Biorreator 1	31,999	39,979	40,810
Biorreator 2	9,585	45,719	51,120
Biorreator 3	5,959	41,557	52,788
Biorreator 4	5,085	50,024	53,190

Tabela 2. Concentrações dos componentes ART, etanol e células nos biorreatores e volume dos biorreatores durante o ensaio de julho de 2002 na usina de álcool.

	Substrato (g L ⁻¹)	Células (g L ⁻¹)	Etanol (g L ⁻¹)
Biorreator 1	33,596	52,831	55,048
Biorreator 2	9,373	43,077	66,191
Biorreator 3	6,189	43,279	67,655
Biorreator 4	4,785	45,826	68,301

Tabela 3. Concentrações dos componentes ART, etanol e células nos biorreatores e volume dos biorreatores durante o ensaio de agosto de 2002 na usina de álcool.

Os valores simulados para o processo por Porto (2005) se assemelharam aos dados reais coletados em campo, o que demonstra a representatividade do modelo de equação da cinética de fermentação adotado.

Analisando os valores, nota-se que não há produção significativa de etanol que justifique a utilização de quatro biorreatores em série, visto que após o segundo biorreator não mais se nota uma grande conversão em produto. Tendo em vista os resultados encontrados por Porto (2005), uma modelagem se faz necessária a fim de se garantir um melhor aproveitamento da planta química e, conseqüentemente, uma maior produção de etanol ao fim do processo, tornando assim a utilização de quatro biorreatores mais vantajosa.

A modelagem proposta neste trabalho, diferente de Porto (2005), possui a configuração mostrada na Figura 2. As correntes adicionais de mosto que alimentam o segundo, terceiro e quarto biorreatores possibilitam a continuidade do processo fermentativo pela disponibilidade de substrato para o metabolismo celular e, conseqüentemente, promovem um aumento da produção de etanol.

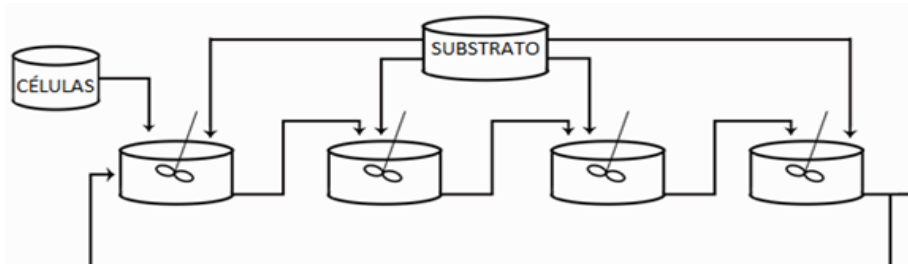


Figura 2. Esquema de quatro biorreatores contínuos em série e suas respectivas correntes dos componentes de interesse - substrato, células e produto (Elaborado pelos autores).

Cada um dos quatro biorreatores possui um volume diferente, sendo os volumes reais da planta, encontrados na tese de Porto (2005). A modelagem do processo de obtenção de etanol foi realizada sob a condição de regime permanente (estado estacionário). Além disso, há uma corrente de reciclo que sai do quarto reator e retorna ao primeiro e, sendo que a composição do mosto não apresenta etanol. A Equação 11 representa o balanço de massa global e os balanços de células, substrato e produto são dados pelas Equações 12, 13 e 14, respectivamente.

$F_{i-1} - F_i = 0$	(11)
$X_{i-1}F_{i-1} - X_iF_i - \mu_iX_iV_i = 0$	(12)
$S_{i-1}F_{i-1} - S_iF_i - \frac{1}{Y_{X/S}}\mu_iX_iV_i = 0$	(13)
$P_{i-1}F_{i-1} - P_iF_i - \frac{Y_{P/S}}{Y_{X/S}}\mu_iX_iV_i = 0$	(14)

As equações que descrevem os balanços de massa englobam fatores que dizem respeito à cinética das reações. A escolha de um modelo que descreve, idealmente, a cinética da reação de produção de etanol é fundamental para a obtenção de resultados fidedignos à literatura. Sendo assim, o modelo cinético escolhido para o processo foi o de Andrietta *et al.* (2003), que considera efeitos de inibição pelo produto, pelo substrato e pela biomassa presente.

A modelagem matemática dos componentes de interesse dos quatro biorreatores contínuos em série foi expressa pelas Equações 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26. O sistema de 12 EDO's resultante é não-linear e não tem solução analítica, sendo integrado numericamente por meio do método de Runge-Kutta de quarta ordem, utilizando o software SCILAB.

- Primeiro Biorreator:

Balanço de massa para células

$X_0F_c + X_4F_r - [X_1(F_c + F_r)] - \mu_{\max} \left(\frac{S_1}{k_s + S_1 + \frac{S_1^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_1}{P_{\max}} \right)^n \left(1 - \frac{X_1}{X_{\max}} \right)^m X_1V_1 = 0$	(15)
---	------

Balanço de massa para substrato

$X_0 F_c + X_4 F_r - [X_1(F_c + F_r)] - \mu_{\text{máx}} \left(\frac{S_1}{k_s + S_1 + \frac{S_1^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_1}{P_{\text{máx}}} \right)^n \left(1 - \frac{X_1}{X_{\text{máx}}} \right)^m X_1 V_1 = 0$	(16)
--	------

Balanço de massa para etanol

$P_0 F_p + P_4 F_r - P_1(F_p + F_r) + \left(\frac{Y_P}{Y_X S} \right) \mu_{\text{máx}} \left(\frac{S_1}{k_s + S_1 + \frac{S_1^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_1}{P_{\text{máx}}} \right)^n \left(1 - \frac{X_1}{X_{\text{máx}}} \right)^m X_1 V_1 = 0$	(17)
---	------

- Segundo Biorreator:

Balanço de massa para células

$[X_1(F_c + F_r)] - [X_2(F_c + F_r)] + \mu_{\text{máx}} \left(\frac{S_2}{k_s + S_2 + \frac{S_2^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_2}{P_{\text{máx}}} \right)^n \left(1 - \frac{X_2}{X_{\text{máx}}} \right)^m X_2 V_2 = 0$	(18)
---	------

Balanço de massa para substrato

$S F_z + S_2(F_s + F_r) - S_3(F_s + F_r + F_z) - \frac{1}{Y_{X/S}} \mu_{\text{máx}} \left(\frac{S_2}{k_s + S_2 + \frac{S_2^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_2}{P_{\text{máx}}} \right)^n \left(1 - \frac{X_2}{X_{\text{máx}}} \right)^m X_2 V_2 = 0$	(19)
---	------

Balanço de massa para etanol

$P_1(F_p + F_r) - P_2(F_p + F_r) + \left(\frac{Y_P}{Y_X S} \right) \mu_{\text{máx}} \left(\frac{S_2}{k_s + S_2 + \frac{S_2^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_2}{P_{\text{máx}}} \right)^n \left(1 - \frac{X_2}{X_{\text{máx}}} \right)^m X_2 V_2 = 0$	(20)
--	------

- Terceiro Biorreator:

Balanço de massa para células

$[X_2(F_c + F_r)] - [X_3(F_c + F_r)] + \mu_{\text{máx}} \left(\frac{S_3}{k_s + S_3 + \frac{S_3^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_3}{P_{\text{máx}}} \right)^n \left(1 - \frac{X_3}{X_{\text{máx}}} \right)^m X_3 V_3 = 0$	(21)
---	------

Balanço de massa para substrato

$SF_z + S_2(F_s + F_r + F_z) - S_3(F_s + F_r + 2F_z) - \frac{1}{Y_{X/S}} \mu_{\max} \left(\frac{S_3}{k_s + S_3 + \frac{S_3^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_3}{P_{\max}} \right)^n \left(1 - \frac{X_3}{X_{\max}} \right)^m X_3 V_3 = 0 \quad (22)$	
--	--

Balanço de massa para etanol

$P_2(F_p + F_r) - P_3(F_p + F_r) + \left(\frac{Y_P}{Y_X} \right) \mu_{\max} \left(\frac{S_3}{k_s + S_3 + \frac{S_3^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_3}{P_{\max}} \right)^n \left(1 - \frac{X_3}{X_{\max}} \right)^m X_3 V_3 = 0 \quad (23)$	
---	--

- Quarto Biorreator:

Balanço de massa para células

$[X_3(F_c + F_r)] - [X_4(F_c + F_r)] + \mu_{\max} \left(\frac{S_4}{k_s + S_4 + \frac{S_4^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_4}{P_{\max}} \right)^n \left(1 - \frac{X_4}{X_{\max}} \right)^m X_4 V_4 = 0 \quad (24)$	
--	--

Balanço de massa para substrato

$SF_z + S_3(F_s + F_r + 2F_z) - S_4(F_s + F_r + 3F_z) - \frac{1}{Y_{X/S}} \mu_{\max} \left(\frac{S_4}{k_s + S_4 + \frac{S_4^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_4}{P_{\max}} \right)^n \left(1 - \frac{X_4}{X_{\max}} \right)^m X_4 V_4 = 0 \quad (25)$	
---	--

Balanço de massa para etanol

$P_3(F_p + F_r) - P_4(F_p + F_r) + \left(\frac{Y_P}{Y_X} \right) \mu_{\max} \left(\frac{S_4}{k_s + S_4 + \frac{S_4^2}{k_i}} \right) \left(1 - \frac{P_4}{P_{\max}} \right)^n \left(1 - \frac{X_4}{X_{\max}} \right)^m X_4 V_4 = 0 \quad (26)$	
---	--

Onde X_1 , X_2 , X_3 e X_4 representam as concentrações de células, S_1 , S_2 , S_3 e S_4 as concentrações de substrato e P_1 , P_2 , P_3 e P_4 as concentrações de produto nos quatro biorreatores, respectivamente, corresponde ao fator de conversão de substrato em células e o fator de conversão de substrato em etanol. Os parâmetros μ_{\max} , K_s , P_{\max} e X_{\max} são constantes definidas por Andrietta *et al.* (2003), V_1 , V_2 , V_3 e V_4 são os volumes dos biorreatores e vazão volumétrica, F_s , F_c , F_p , F_r e F_z são as vazões de substrato inicial, células, produto, reciclo e substrato adicional respectivamente.

A modelagem foi aplicada a condições de operação de uma indústria real, sendo que o rendimento em produto e o rendimento em células foram considerados de Porto (2005), assim como os volumes dos quatro biorreatores, sendo de 514,0 m³,

572,0 m³, 298,0 m³ e 235,0 m³ respectivamente. Os valores dos parâmetros cinéticos estão contidos na tabela 4.

Parâmetros	Valor
$\mu_{\text{máx}}$	0,450 h ⁻¹
k_S	5,000 g L ⁻¹
$P_{\text{máx}}$	93,000 g L ⁻¹
$X_{\text{máx}}$	90,000 g L ⁻¹
N	2,000
m	1,400
$Y_{X/S}$	0,026
$Y_{X/S}$	0,418

Tabela 4. Valores dos parâmetros cinéticos do modelo de Andrietta et al. (2003) e rendimentos de células e produto.

Os parâmetros operacionais da indústria foram ajustados na simulação realizada neste trabalho de modo que os dois últimos biorreatores apresentassem rendimentos satisfatórios. Dessa forma, simulou-se diferentes vazões e concentrações de alimentação de substrato e células, bem como as correntes adicionais de substrato e o reciclo a fim de se obter maior produção de etanol em um tempo viável de processo. Os valores ajustados são: F_s , F_c e F_p de 35,0 m³/h; F_r de 40,0 m³/h; F_z de 10,0 m³/h; S_0 e S de 130,0 g/L; X_0 de 15,0 g/L e P_0 como nula.

A partir do valor de 150 de substrato, ocorre um efeito inibidor na fermentação. Sendo assim, estipulou-se o valor de 130,0 para ser usado no processo. Avaliou-se na literatura que, em escala industrial, 13,0 de leveduras do tipo *Saccharomyces cerevisiae* é suficiente para iniciar o processo de fermentação em tempo viável (ZANARDI *et al.*, 2014). A concentração de etanol na corrente de alimentação foi considerada nula.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados a partir da simulação da unidade fermentativa composta por quatro biorreatores ligados em série com reciclo e alimentações adicionais de substrato no segundo, terceiro e quarto estão mostrados nas Figuras 3, 4 e 5.

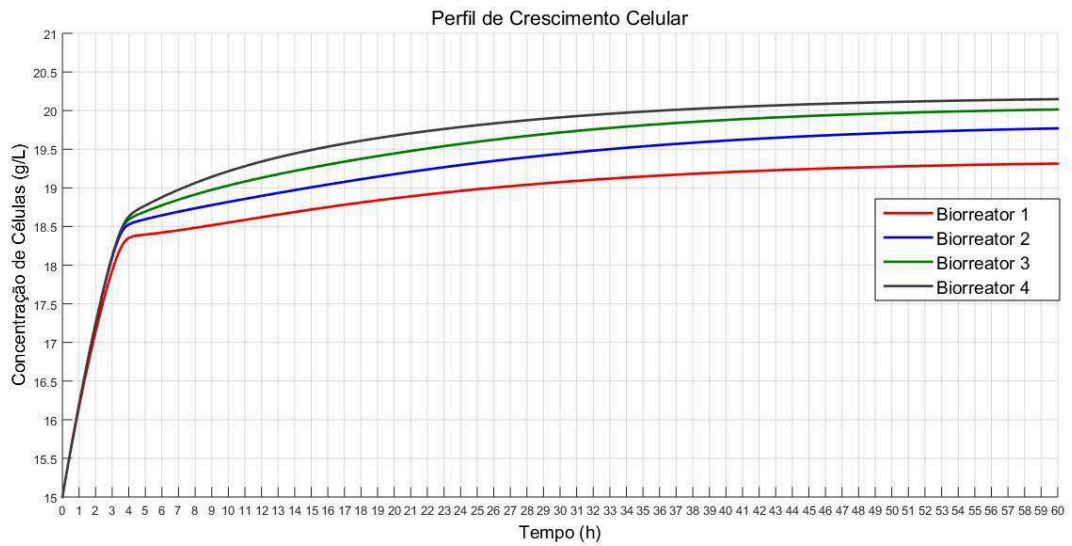


Figura 3. Perfil de crescimento celular simulado para a planta com quatro biorreatores em série.

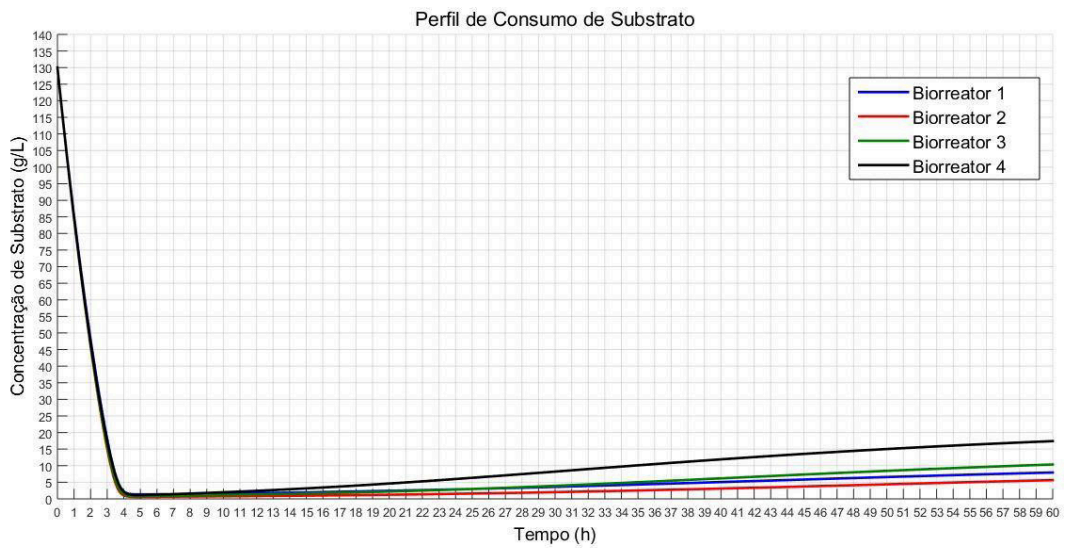


Figura 4. Perfil de consumo de substrato simulado para a planta com quatro biorreatores em série.

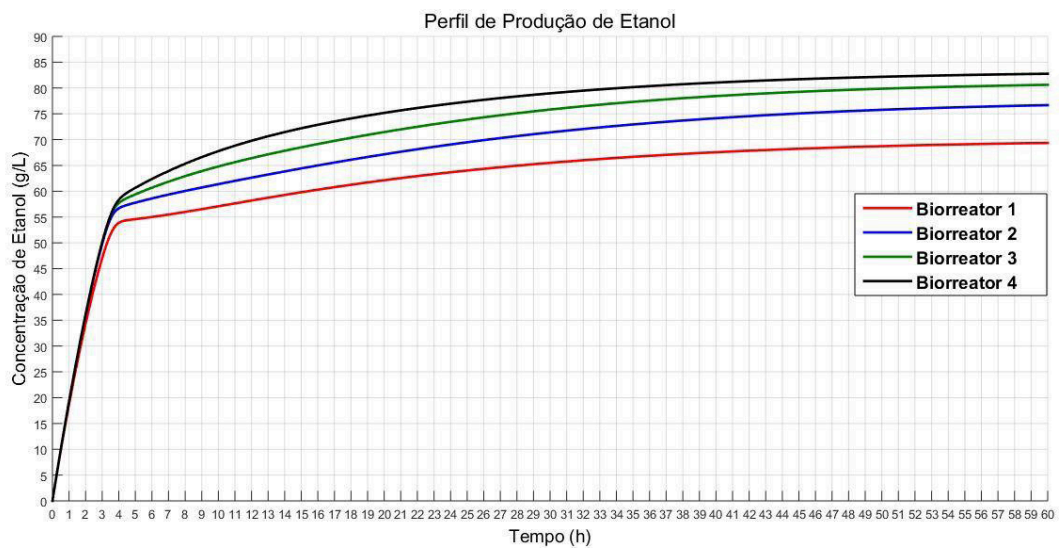


Figura 5. Perfil de produção de etanol simulado para a planta com quatro biorreatores em série.

Como esperado para o comportamento da fermentação alcoólica, a relação cinética entre crescimento e formação de produto depende do consumo de substrato. Além disso, observa-se que o distanciamento entre as curvas de produção de etanol de cada biorreator demonstra que a utilização de todos os biorreatores é justificável, visto que há um aumento de rendimento e produção de etanol.

A modelagem realizada para o processo contínuo considera o tempo que o processo leva para atingir o estado estacionário. Essa condição pode ser observada nas Figuras 3, 4 e 5 pelo período em que a concentração de células e etanol esboça um perfil ascendente, e a concentração de substrato um perfil descendente. A partir do momento em que se atinge o estado estacionário, em aproximadamente 30 horas, observa-se o perfil de concentração do produto tendendo a linearidade.

Quando o processo começa a operar em regime permanente, as concentrações de células, substrato e etanol na saída dos biorreatores passam a se comportar conforme mostrado na Tabela 5.

	Substrato (g L⁻¹)	Células (g L⁻¹)	Etanol (g L⁻¹)
Biorreator 1	11,465	19,358	70,071
Biorreator 2	9,213	19,836	77,743
Biorreator 3	14,938	20,066	81,444
Biorreator 4	22,567	20,187	83,391

Tabela 5. Concentrações de saída nos biorreatores em série.

A velocidade de crescimento celular decresce do primeiro ao último biorreator, possivelmente devido ao acúmulo do etanol e substrato, atuando como compostos inibidores. As células passam por uma transição até que a velocidade de crescimento seja zero, passando à fase estacionária. Esse efeito também é considerado no modelo de Andrietta *et al.* (2003), mostrando que a cinética aplicada foi satisfatória para representar o crescimento microbiano.

A concentração de substrato na corrente de saída é maior no último biorreator. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que a atividade celular diminui ao longo dos biorreatores e, conseqüentemente, o consumo do mesmo. Para obter uma alta taxa de produção de etanol, foi necessário manter a saída de substrato residual do processo. Entretanto, as indústrias podem optar pela recuperação do mesmo através da instalação de centrífugas.

Comparando-se os dados de processo para a concentração de células, substrato e etanol produzido na planta da indústria e os resultados simulados da planta proposta neste trabalho, pode-se verificar um aumento de 22,09% na geração de etanol, conforme observado na Figura 6.

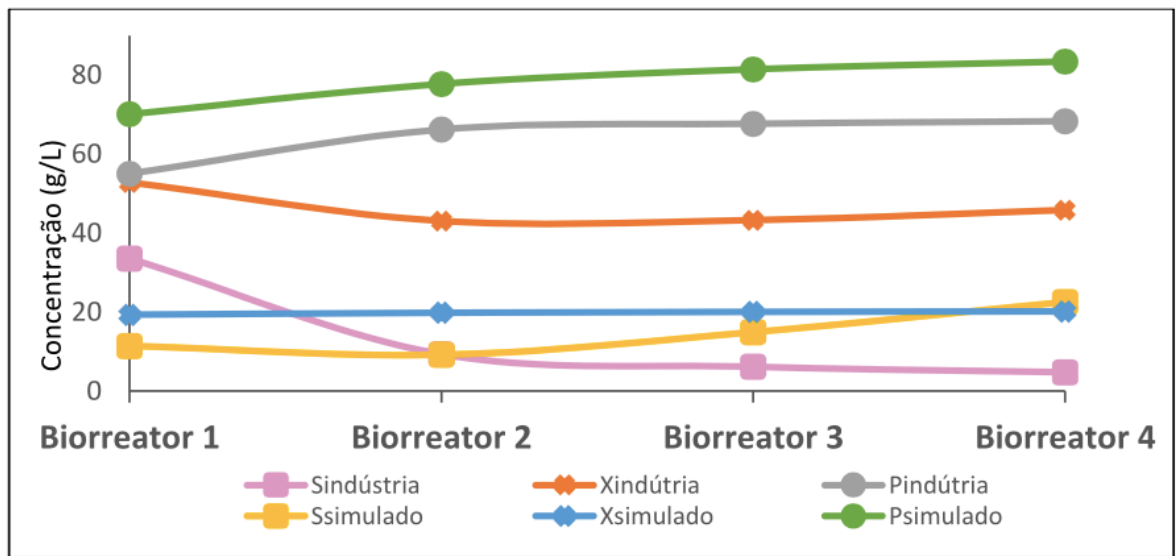


Figura 6. Comparação entre dados de processo da indústria e resultados da simulação obtidos para a planta proposta.

Como observado no estudo de caso, grande parte de substrato no processo industrial é quase em sua totalidade consumida no primeiro biorreator, fazendo com que a produção de etanol no terceiro e, principalmente, quarto biorreator sejam insatisfatórias. Na planta proposta, as alimentações adicionais de substrato, mantém concentrações de substrato disponíveis no sistema, possibilitando a continuidade do processo fermentativo e aumentando a produção de etanol.

6 | CONCLUSÃO

A modelagem e simulação de processos são ótimas ferramentas para a obtenção de parâmetros desejáveis em uma indústria tanto na etapa de projeto, quanto no estudo de melhorias do processo como realizado neste trabalho. A estratégia de simulação desenvolvida no SCILAB se apresentou bem definida, constituindo assim uma metodologia representativa para a avaliação do processo de fermentação alcoólica em biorreatores contínuos. Após a análise dos resultados encontrados, observa-se que o sistema de biorreatores associados em série com reciclo e correntes adicionais de substrato proporcionou um aumento de 22% na produção de etanol comparado ao sistema empregado pela usina estudada como referência neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. A. Introdução à identificação de sistemas: técnicas lineares e não lineares a sistemas reais. Belo Horizonte: Editora UFMG, 659., 2004.

ANDRIETTA; S. R.; FERREIRA, E., ANDRIETTA, M. G. Avaliação da influência da velocidade de alimentação sobre o rendimento e produtividade dos processos de produção de etanol operando em batelada alimentada. Anais do Sinaferm 2003. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 7 p., 2003.

BOARETO, A. J. B. M. Modelagem matemática hídrica cibernética neuronal do processo contínuo de produção de etanol por *Zymomonas mobilis*. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 251 p., 2012.

BORGES, P. C. S. Otimização dinâmica da fermentação alcoólica no processo em batelada alimentada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 141 p., 2008.

BUENO, T. Modelagem, simulação e controle de bioprocessos: Uma abordagem introdutória. Curitiba, 24 p., 2016.

BURDEN, R. L.; FAIRES, J. D. Numerical Analysis. 9. ed. Boston, Massachusetts: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010.

CINELLI, B. A. Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química. Rio de Janeiro, 125 p., 2012.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana, v. 2 - Safra 2015/16, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-76, abril 2016. Disponível em www.conab.gov.br. Acesso em: 20 de junho de 2018.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana, v. 3 - Safra 2016/17, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-72, agosto 2016. Disponível em www.conab.gov.br. Acesso em: 20 de junho de 2017.

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de controle químico da fabricação de açúcar. Piracicaba: Copersucar, p. 1-51, 1987.

DARÉ, R. M. Avaliação de coeficientes de rendimento e modelagem do processo fermentativo de produção de etanol. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar. São Carlos, 67 p., 2009.

DEIMLING, L. C.; BORILLI, S. P. Nível de Satisfação do Proprietário de Veículo Bicomustível no Município de Cascavel/PR: Uma Análise Exploratória. In: Shikida, Pery Francisco Assis; Staduto, Jefferson Andronio Ramundo (Org.). Agroindústria Canavieira no Paraná: Análises, Discussões e Tendências. Cascavel: Editora Coluna do Saber, p. 93-109, 2005.

GOMEZ, P. A. A. Simulação de Diferentes Alternativas de Arranjo de Uma Unidade de Fermentação Piloto Móvel para a Produção de Etanol. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP, Campinas (SP), 83 p., 2011.

KATOH, S.; HORIUCHI, J.; YOSHIDA, F. Biochemical engineering: a textbook for engineers, chemists and biologists. 2 ed. Weinheim: John Wiley & Sons, 258 p., 2015.

LEVENSPIEL, O. Engenharia das reações químicas. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

LENNOX, B.; HIDDEN, H. G.; MONTAGUE, G. A.; KORNFELD, P. R.; GOULDING, P. R. Application of multivariate statistical process control to batch operations. Computers and Chemical Engineering, 24, p. 291–296, 2000.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. In: LIMA, U. A. Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos. Biotecnologia Industrial; v. 3, São Paulo: Edgard Blücher, p. 1-43, 2001.

PORTO, L. M. Modelagem de processo industrial de fermentação alcoólica contínua com reatores

de mistura ligados em série. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 139 p., 2005.

RIBEIRO, C. B.; BURATTO, W. G.; GUERI, M. V. D.; SCABURI, G. R.; GONZELI, F. V.; Fermentação alcoólica do caldo de cana: parâmetros operacionais de resposta no processo. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.465-472, dez. 2015.

SILVA, J. L. Modelagem e simulação de reatores autoclave para produção de PEBD. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SOUSA, G. S. Estudo da fermentação alcoólica em um biorreator de leito fixo em sistema contínuo com células de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizadas em alginato cálcio revestido com quitosana. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química – Unicamp, Campinas (SP), p. 142, 2016.

ZANARDI, M. S.; GOMES, I. A.; COSTA Jr., E. F. Modelagem fenomenológica de biorreator industrial para a produção de etanol. In: Anais do V Encontro Científico de Física Aplicada [= Blucher Physics Proceedings, n.1, v.1]. São Paulo: Blucher, p. 93-109, 2014.

O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Gustavo Destefani Picheli

Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG
Varginha - MG

Luiz Carlos Vieira Guedes

Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG
Varginha - MG

RESUMO: Este trabalho apresenta uma análise do uso do hidrogênio em motores de combustão interna. Tal abordagem se faz necessária, mediante as informações que estão circulando atualmente nas mídias sociais, a respeito da alta economia de combustível que o gerador de hidrogênio proporciona ao veículo. A desmistificação dessas informações trará uma enorme relevância pelo fato de mostrar realmente, se o gerador de hidrogênio economiza combustível. A finalidade desta análise é desmistificar as informações sobre uma possível economia no consumo de combustível, aliada à presença do gerador de hidrogênio, acoplado ao motor de um veículo automotivo de combustão interna. Este propósito será alcançado através de testes laboratoriais e pesquisas bibliográficas, composta principalmente por livros, artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado. Dando continuidade ao projeto, serão realizados testes laboratoriais simulando a quantidade de hidrogênio que o gerador

de hidrogênio produzirá numa determinada corrente elétrica e por um determinado período de tempo. Essa simulação nos permitirá coletar dados para a realização de cálculos e possibilitará uma comparação com um veículo automotivo de combustão interna.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogênio. Economia. Combustão interna. Gerador de hidrogênio.

ABSTRACT: This paper presents an analysis of the use of hydrogen in internal combustion engines. Such an approach is necessary, through the information that is currently circulating in social media, regarding the high fuel economy that the hydrogen generator provides to the vehicle. The demystification of this information will be enormously relevant because it actually shows whether the hydrogen generator saves fuel. The purpose of this analysis is to demystify the information about a possible saving in fuel consumption coupled with the presence of the hydrogen generator, coupled to the engine of an internal combustion vehicle. This purpose will be achieved through laboratory tests and bibliographical research, mainly composed of books, scientific articles, master's dissertations, doctoral theses. Continuing the project, laboratory tests will be performed simulating the amount of hydrogen that the hydrogen generator will produce in a given electric current and for a certain period of time. This simulation will allow

us to collect data to perform calculations and will allow a comparison with an internal combustion vehicle.

KEYWORDS: Hydrogen. Economy. Internal combustion. Hydrogen generator.

1 | INTRODUÇÃO

O gerador de hidrogênio que se acopla ao veículo automotor, a fim de se amenizar o consumo de combustível, baseia-se na quebra da molécula de água, gerando o hidrogênio. O gás gerado através do processo chamado eletrólise, é encaminhado ao sistema de admissão do veículo, onde em altas temperaturas, acelera a queima do combustível gerando então, a economia no processo.

Em diversas mídias sociais, podem-se observar algumas informações sobre a grande economia de combustível que os geradores de hidrogênio proporcionam, entretanto, na prática o resultado é completamente diferente. A falta de experiência aliada à falta de conhecimento induz as pessoas a acreditarem que o hidrogênio fornece uma economia expressiva de combustível, devido à aceleração da queima do mesmo.

Mediante aos fatos, o objetivo geral deste projeto será apresentar uma análise, através de testes laboratoriais e material teórico, sobre o consumo de combustível, aliada à presença do gerador de hidrogênio acoplado ao motor de um veículo automotivo de combustão interna e verificar a ocorrência de uma possível economia no consumo do mesmo.

Outros objetivos deste trabalho serão apresentar um estudo sobre o elemento químico hidrogênio, principal comburente deste processo, bem como o motor de combustão interna, onde será analisado todo o processo de queima. Será necessário ainda, um estudo sobre o gerador de hidrogênio, bem como as suas vantagens e desvantagens ao veículo, a fim de se desmistificar as informações que circulam nas mídias sociais sobre a redução no consumo de combustível.

2 | HIDROGÊNIO

O hidrogênio quando encontrado em seu estado natural e sob condições ambientes de temperatura e pressão, possui características como sendo incolor, insípido e muito mais leve que o ar (SENRA; DE LIMA; DE ABREU, 2014).

O hidrogênio possui características que unidas ao motor de combustão interna, melhoram a eficiência mediante ao processo de combustão, tendo como base o elevado poder calorífico e a rápida combustão provocada pelo uso do mesmo (PEREIRA, 2017).

Atualmente, o hidrogênio é o nono elemento mais abundante no planeta e não é encontrado em sua forma pura, o mesmo pode ser considerado ainda um dos menores elementos, no entanto, essa característica não o faz ser menos perigoso que

as demais substâncias existentes em nosso meio. A grande dificuldade seria encontrar uma forma segura para seu armazenamento, tendo em vista que o mesmo no estado líquido possui um alto custo de armazenagem (ESTEVÃO, 2008; LELUDAK e HAUS, 2013).

2.1 Hidrogênio como combustível

As características que o hidrogênio pode agregar ao motor de combustão interna são relacionadas à eficiência no processo. Seu objetivo principal é melhorar a eficiência no processo de combustão do veículo, isso se dá graças ao elevado poder calorífico e a rápida combustão provocada pelo uso do hidrogênio (PEREIRA, 2017).

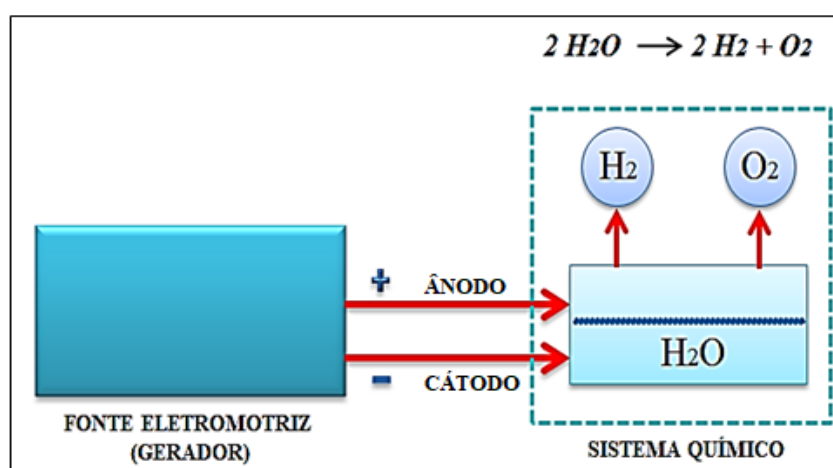
Alguns estudos mostram que o hidrogênio apresenta uma excelente adaptação nos motores de ignição por centelha, mais conhecido como motores de combustão interna, tendo como característica marcante a alta velocidade de rotação. Por possuir um baixo limite de ignição, a combustão do hidrogênio pode ser facilmente iniciada mesmo em misturas pobres (mais ar do que combustível), facilitando seu uso em motores de combustão interna operando no ciclo Otto (ESTEVÃO, 2008)

Um dos processos onde se obtêm a separação do hidrogênio de outros elementos ou substâncias químicas é o processo de eletrólise. Esse assunto será abordado, a fim de se entender como esse processo pode ser importante na produção do hidrogênio para o veículo que se utiliza o gerador de hidrogênio.

2.2 Produção de hidrogênio por eletrólise

Para que possa ocorrer a produção de hidrogênio através do processo da eletrólise, deve-se dissolver um composto iônico em água, como por exemplo, o cloreto de sódio (sal), esse composto fará com que os íons estejam sempre livres no líquido. Como continuidade do processo aplica-se uma descarga elétrica na mistura de água, através de um par de eletrodos submersos no líquido. O cátodo é o eletrodo que possui carga negativa, e o ânodo é o eletrodo de carga positiva (DA ROSA, 2015).

Na figura 01, pode-se observar todo o processo da eletrólise descrito no capítulo, após o mesmo, o hidrogênio passa a ter dois átomos e o oxigênio um átomo.



Pode-se observar que a eletrólise é um processo indispensável para que haja a decomposição química da água e seus elementos constituintes. E dentro desse processo, existem algumas leis que determinam diversas relações entre a massa de uma determinada substância e carga elétrica, dentre elas, a lei de Faraday.

2.2.1 Lei de Faraday

A lei de Faraday foi criada pelo físico-químico Michael Faraday, o mesmo, definiu que a massa de uma determinada substância transformada através do processo da eletrolise, é diretamente proporcional à quantidade de carga elétrica do sistema. Isso significa que quanto maior for a intensidade da corrente elétrica dispensada na eletrólise, maior será a quantidade formada de massa do produto (SENRA; DE LIMA; DE ABREU, 2014).

De acordo com a lei citada acima, pode-se calcular informações como, a quantidade de carga elétrica gasta no processo, a quantidade de litros de hidrogênio gerado em todo sistema pelo gerador de hidrogênio.

$$Q = i * t \quad (1)$$

Onde:

Q: Carga elétrica (C);

i: Corrente elétrica (A);

t: Tempo da passagem da corrente elétrica em segundos (s);

Dando continuidade, através da carga elétrica encontrada na equação (1), pode-se determinar o volume inicial (V_0) de hidrogênio produzido pelo gerador de hidrogênio. Deve-se levar em consideração a constante de Faraday (1F), que equivale a 96500 C e a constante de 22,4 que consiste no volume molar de um gás ideal nas CNTP (RUSSEL, 1994).

$$\begin{aligned} 2 * 96500 &\rightarrow 22,4 \\ Q &\rightarrow V_0 \end{aligned} \quad (2)$$

Onde:

96500: Constante de Faraday (1F);

22,4: Volume em litros que 1 mol de um determinado gás ocupa em condições normais de pressão e temperatura (L);

Q: Corrente elétrica (C);

V_0 : Volume inicial (L);

Obtendo o volume inicial de hidrogênio (V_0) produzido através da regra de três acima, pode-se encontrar o volume final do hidrogênio através da fórmula de condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

$$\frac{P_0 * V_0}{T_0} = \frac{P_1 * V_1}{T_1} \quad (3)$$

Onde:

P_0 : Pressão inicial (mmHg)

P_1 : Pressão final (mmHg)

V_0 : Volume inicial (L)

V_1 : Volume final (L)

T_0 : Temperatura inicial (K)

T_1 : Temperatura final (K)

3 | MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Os motores que possuem o processo de combustão interna produzem trabalho através da queima de combustível, o seu princípio básico de funcionamento tende a aproveitar, ao máximo, o aumento de pressão causado pela reação de combustão entre o ar e o combustível, a fim de se gerar movimento de rotação no motor de um veículo automotivo (MACHADO, 2014).

A figura a seguir, demonstra a estrutura de um motor de combustão interna de quatro tempos, identificando as peças que o compõe, e também o processo detalhadamente que ocorre durante o regime da combustão.

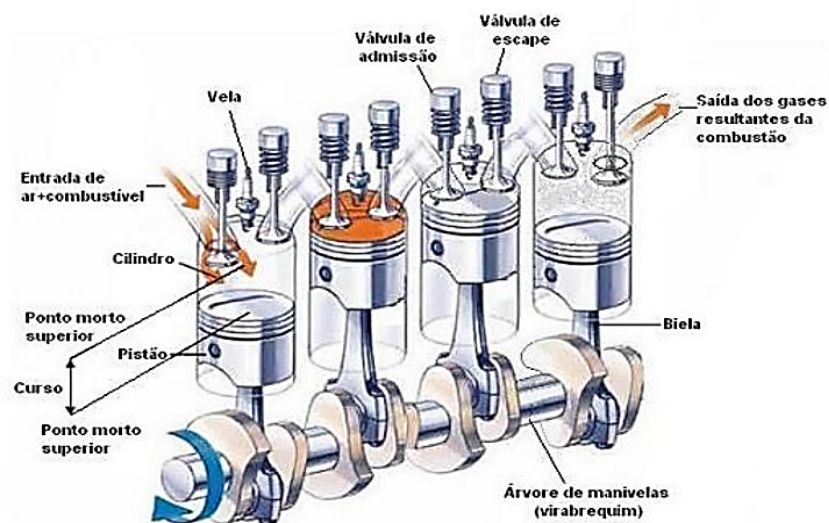


Figura 2 - Estrutura de um motor de combustão interna de 4 tempos.

Fonte: (WOLLMANN, 2013).

3.1 Ciclo Otto

Os motores de combustão interna cujo processo se caracteriza como ciclo Otto, utiliza a mistura de ar e combustível que vem diretamente do carburador, em proporções específicas. Esse tipo de mistura é aspirado para a câmara de combustão, onde a partir de uma centelha produzida por uma vela de ignição, causa o processo de combustão (SENRA; DE LIMA; DE ABREU, 2014).

Os motores de combustão interna que possuem como modelo de funcionamento o Ciclo Otto, podem apresentar quatro tempos, que são divididos em: admissão, compressão, expansão e escape (MACHADO, 2014).

“Nos motores de quatro tempos, o ciclo de trabalho corresponde as duas voltas da árvore de manivelas. Na medida em que a árvore de manivelas ou virabrequim realiza o movimento rotativo, os pistões se movem dentro dos cilindros” (MILHOR, 2002, p. 04).

A seguir, será apresentado o funcionamento detalhado dos quatro ciclos termodinâmicos de trabalho no motor de combustão interna, juntamente com o diagrama de Pressão x Volume.

3.1.1 Primeiro Tempo - Admissão da mistura

Nesse primeiro ciclo haverá a abertura das válvulas de admissão, possibilitando a entrada de ar para o cilindro, a pressão ficará constante e o volume sofrerá variação (A → B) (WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

3.1.2 Segundo Tempo - Compressão da mistura

Nessa fase, todo o trabalho envolvido no pistão é convertido em energia, esse processo ocorre em temperaturas elevadas que se dá por meio da combustão. O volume diminui à medida que a pressão e a temperatura aumentam. (B → C) (WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

3.1.3 Terceiro Tempo - Expansão da mistura

Nessa fase ocorrerá a explosão, sem variação de volume. Ocorrerá ainda, um aumento de pressão e temperatura, (C → D). Num segundo momento, (D → E), os pistões se movimentarão com enorme rapidez (WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

3.1.4 Quarto Tempo - Escape dos gases

No processo, ocorrerá à abertura da válvula do motor (E → B), haverá variação de pressão, e volume constante. A exaustão gerada no processo (B → A), a massa e o volume desses gases sofrerão variações constantes, considerado como isobárico

(WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

3.2 Eficiência nos motores de combustão interna

A eficiência ou capacidade de um motor é representada pela potência, no qual determina a quantidade de trabalho que o mesmo pode realizar por unidade de tempo. O rendimento nos motores é representado pela relação entre a potência produzida e a potência calorífica fornecida pelo combustível utilizado (DA ROSA, 2015).

A seguir, pode-se verificar a equação que da origem ao rendimento ou eficiência dos motores de combustão interna.

$$\eta = \frac{[(P * 1000)]}{Mc * Hc} = \frac{W}{Q} \quad (4)$$

Onde:

η : Rendimento do processo (%)

P: Potência gerada (W)

Mc: Vazão mássica do combustível (kg.s⁻¹)

Hc: Poder calorífico inferior do combustível (kJ.kg)

W: Trabalho (J)

Q: Calor (J)

3.3 Relação Estequiométrica – Ar X Combustível

“A ótima razão ar combustível para determinada carga e rotação de um motor, consiste naquela em que se consegue o torque desejado, com o menor consumo de combustível consistente com a operação normal e confiável.” (CÂMARA, 2006, p.26). De acordo com Andrade (2007, p. 42), para se determinar qual é a condição de mistura na câmara de combustão tem-se, que relacionar a taxa de massa de ar admitido com a taxa de massa de combustível que entra no motor.

Para o conhecimento da razão entre o ar e o combustível num motor de combustão interna no ciclo Otto, o fator lambda (λ) se torna um elemento extremamente utilizado para avaliar as formas de operação que possam melhorar o desempenho desse motor. Como consequência, acarretará numa redução nas emissões de poluentes, tendo em vista que, os gases são liberados através da queima destes elementos (SCHIRMER; OLANYK; RIBEIRO, 2017).

4 | GERADOR DE HIDROGÊNIO (HHO)

O gerador de hidrogênio pode ser conhecido também como célula eletrolítica a seco ou *dry cell*. O seu funcionamento baseia-se em placas de material inox, onde são alimentadas por uma tensão que provém de uma fonte ou bateria. A mistura que circula através dos furos da placa, é composta de uma mistura de água e hidróxido

de potássio. As placas possuem vedação entre elas para que não ocorram possíveis vazamentos, além disso, esse procedimento se faz necessário pelo fato de se obter uma isolação quanto à polaridade de tensão proveniente das baterias (FIGUEIREDO, 2018).

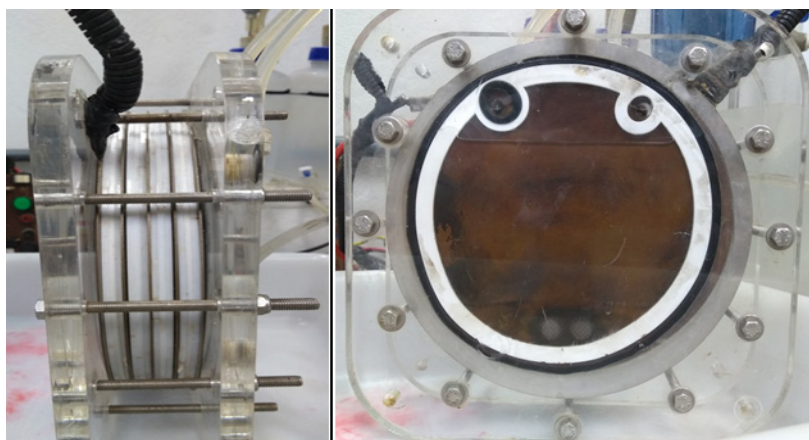


Figura 3 - Gerador de hidrogênio utilizado nos testes laboratoriais.

Fonte: O autor (2018).

4.1 Desempenho de um gerador de hidrogênio

De acordo com Zirr (2017, p. 21) “a implantação das células a combustível a hidrogênio em uma escala significativa requer grandes avanços na produção, armazenamento e utilização de hidrogênio”.

“O objetivo principal de um gerador de hidrogênio é produzir de modo mais eficiente a quantidade de gás HHO desejada utilizando a menor quantidade de eletricidade possível.” (BARRETIRI e HAUS, 2013, p. 366).

4.2 Aplicação do hidrogênio em motores de combustão interna

Para que o hidrogênio possa ser utilizado em motores de combustão interna no ciclo Otto, faz-se necessário que o mesmo seja introduzido ao motor no momento em que ocorra a combustão no interior de cilindro. Existem três formas distintas para que o hidrogênio seja adicionado ao motor, o mesmo pode ser inserido por injeção contínua e controlada, ambas pelo coletor de ar de admissão do motor, e a última seria através da injeção direta do gás na câmara de combustão, na qual, em comparação com as demais, apresenta os melhores resultados (PEREIRA, 2017).

4.3 Funcionamento do gerador de hidrogênio no motor

Para que ocorra o funcionamento do gerador de hidrogênio no motor, faz-se necessário a geração do hidrogênio e o oxigênio através da eletrolise. As correntes elétricas necessárias para que o processo ocorra, são advindas da eletricidade fornecida pela bateria e o circuito de carga do motor, sendo que a bateria é alimentada ou carregada pelo alternador que está presente no motor do veículo, o mesmo é acionado

através da rotação exercida pelo motor do carro. Tendo o hidrogênio como gás através do processo da eletrolise, o mesmo é encaminhado para o sistema de admissão do veículo em temperatura elevada, onde é queimado com os demais elementos. Por fim, depois de passar pelos processos internos do motor, esses gases são liberados através do escape (SILVA, 2016).

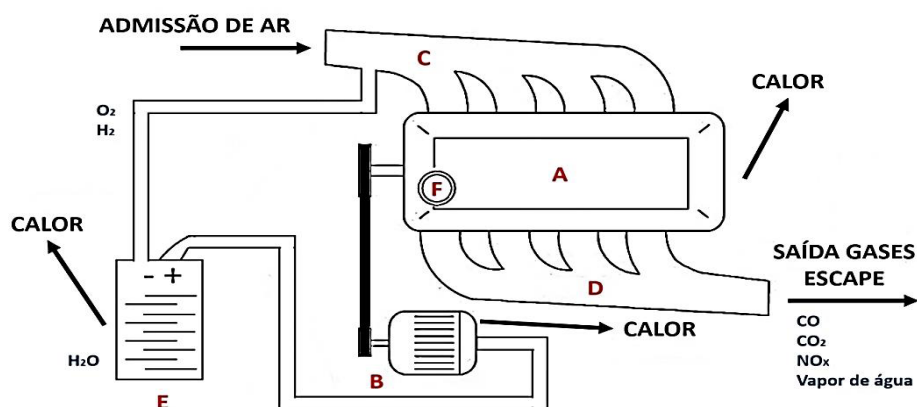


Figura 4 – Processo do funcionamento do gerador de hidrogênio no motor de um veículo.

Fonte: Adaptado de (SILVA, 2016). Legenda: a) Motor; b) Alternador; c) Admissão; d) Escape; e) Produção HHO.

4.4 Células de hidrogênio ou eletrolítica

De acordo com as informações mencionadas no decorrer deste capítulo, pode-se concluir que existem diferenças entre o gerador de hidrogênio e a célula de hidrogênio. A principal diferença entre os dois dispositivos se dá pelo fato do gerador de hidrogênio utilizar a eletricidade que provem do alternador do veículo, para realizar a quebra da molécula de água em hidrogênio e oxigênio através do processo da eletrólise. A célula de hidrogênio realiza o processo ao contrário, a mesma necessita do hidrogênio para produzir a própria eletricidade (FIGUEIREDO, 2018; ZIRR, 2017).

5 | METODOLOGIA

Nesse capítulo, serão informados quais métodos foram utilizados para a realização das pesquisas e testes laboratoriais, bem como o desenvolvimento do trabalho.

5.1 Testes laboratoriais

Conforme proposto, foram realizados testes em laboratório simulando através de um gerador de hidrogênio, a quantidade de hidrogênio que o mesmo produziria numa determinada corrente elétrica e num período de tempo estipulado para o gás preencher um balão com capacidade de 2 litros. O experimento serviu como base para coletar dados que serão aplicados em fórmulas, a fim de se comprovar que o uso do

hidrogênio em motores de combustão interna não será viável.

5.1.1 Equipamentos utilizados nos testes

Para a realização dos testes no laboratório, foram utilizados equipamentos essenciais para que os resultados obtidos fossem o mais preciso possível. Para o experimento foi utilizado uma fonte, onde a mesma regulava a carga e a corrente elétrica para a execução de todo o processo. Sabe-se que o alternador, fornece em torno de 70 ampères para o sistema elétrico do veículo, entretanto, a corrente elétrica predefinida para a realização dos testes, variou em torno de 25 amperes, tendo em vista que existem outros equipamentos a serem alimentados pelo alternador.

Outro equipamento utilizado nos testes foi o gerador de hidrogênio, principal instrumento para a realização dos testes. Outro acessório muito importante são as mangueiras, cuja função era transportar os gases que circulavam durante o experimento. Por fim, foi utilizado um balão volumétrico, esse elemento era o responsável por armazenar os gases provenientes do processo de eletrólise.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados dos testes realizados em laboratório, sobre a quantidade de hidrogênio produzida numa determinada corrente elétrica através do gerador de hidrogênio. Será apresentada a quantidade teórica de hidrogênio em litros, obtida através de cálculos, bem como a quantidade obtida nos testes laboratoriais.

6.1 Dados coletados nos ensaios laboratoriais

Para a realização dos testes, foram considerados alguns fatores para a coleta dos dados. A contagem do tempo foi definida de acordo com a capacidade que um balão volumétrico de 2 litros, fosse totalmente ocupado pelos gases provenientes do processo de eletrólise. Os valores da pressão atmosférica e temperatura foram considerados de acordo com a localização da cidade de Varginha – MG.

1º Ensaio			
Tempo (s)	Corrente elétrica (A)	Pressão atmosférica (mmHg)	Temperatura (°C)
124	24	700	25
2º Ensaio			
Tempo (s)	Corrente elétrica (A)	Pressão atmosférica (mmHg)	Temperatura (°C)
130	23	700	25

Quadro 01 – Dados coletados dos ensaios em laboratório.

Fonte: O autor (2018).

Para a realização dos cálculos foram realizados a média da corrente elétrica e o tempo gasto no experimento.

6.2 Cálculo volumétrico do hidrogênio

Para a realização do cálculo volumétrico do hidrogênio, foram considerados os dados representados no quadro 03.

Para começo dos cálculos será necessário encontrar a corrente elétrica, de acordo com a equação (1) presente na seção 2.2.1.

$$Q = i * t \quad (5)$$

Substituindo pelos dados coletados, pode-se encontrar a carga elétrica utilizada nos testes.

$$Q = 23,5 * 127 = 2984,5 C$$

Possuindo o valor da carga elétrica (Q), pode-se encontrar o volume inicial de hidrogênio produzido pelo gerador. Este valor pode ser calculado através de uma regra de três, dada pela equação (2) na seção 2.2.1.

$$\begin{array}{l} 2 * 96500 \rightarrow 22,4 \\ Q \rightarrow V_0 \end{array} \quad (6)$$

Substituindo pelos dados, pode-se encontrar o volume inicial de hidrogênio produzido pelo gerador de hidrogênio.

$$\begin{array}{l} 2 * 96500 \rightarrow 22,4 \\ 2984,5 \rightarrow V_0 \\ V_0 = 0,346 L \text{ ou } 346 mL \end{array}$$

Encontrando o volume inicial de hidrogênio (V_0), pode-se encontrar o volume final, através da fórmula de condições normais de temperatura e pressão (CNTP), dada pela equação (3) na seção 2.2.1.

$$\frac{P_0 * V_0}{T_0} = \frac{P_1 * V_1}{T_1} \quad (7)$$

Substituindo pelos dados encontrados na equação anterior, tem-se:

$$\frac{760 * 0,346}{273} = \frac{700 * V1}{25 + 273}$$
$$V1 = 0,41 L \text{ ou } 410 mL$$

Tendo em vista que, o gerador de hidrogênio possui 4 membranas, o volume final deve ser multiplicado por 4. Uma observação importante a ser destacada, é o fato de o teste ter ocorrido com a presença de dois gases, o hidrogênio e o oxigênio. Por isso, deve-se subtrair 1/3 de oxigênio do volume final. Levando em consideração as informações acima, obtêm-se o volume final de hidrogênio.

$$V1 = 0,41 * 4 = 1,64 L \quad (8)$$

Subtraindo 1/3 de oxigênio do volume encontrado acima, obtêm-se o volume teórico final de hidrogênio produzido pelo gerador.

$$V1 = \frac{1,64}{1/3} = 1,09 L \quad (9)$$

Mediante aos cálculos realizados, o volume final de hidrogênio produzido pelo gerador de hidrogênio nas condições citadas anteriormente, é de 1,09 litros. Nos testes realizados em laboratório, o volume final de hidrogênio encontrado, foi de 1,33 litros, havendo uma diferença de 0,24 litros. Essa diferença se deve por algum fator externo, como temperatura ou pressão atmosférica.

6.3 Cálculo da massa de hidrogênio produzida nos testes

De acordo com os valores encontrados na seção 6.2 e levando-se em consideração que a massa de um mol de hidrogênio (H₂) equivale a 2 gramas, pode-se encontrar a massa (m) do mesmo, produzida durante os testes laboratoriais, através de uma regra de três, tendo como informação preponderante que 22,4 é o volume em litros de 1 mol de qualquer gás nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

$$2 \rightarrow 22,4$$
$$m \rightarrow 1,09$$
$$m = 97,32 mg \quad (10)$$

De acordo com a equação 10, pode-se observar que a massa de hidrogênio produzida no processo é de 97,32 mg.

6.4 Cálculo de potência no processo

Considerando alguns dados preliminares, pode-se calcular a quantidade de potência que o gerador de hidrogênio absorve de um veículo automotivo. Para base de cálculos é necessário considerar que o sistema de alimentação de um veículo varia em torno de 13,8 a 14,5 volts, de acordo com o manual de baterias da BOSCH. Para a realização do cálculo, se faz necessário a utilização da equação abaixo:

$$P = U * i \quad (11)$$

Onde:

P: Potência (W);

U: Tensão (V);

i: Corrente elétrica (A).

Substituindo na equação acima, temos que:

$$P = 14 * 23,5 = 329 W$$

De acordo com a potência encontrada acima, pode-se concluir que o gerador de hidrogênio absorve 329 Watts de potência do veículo e devolve cerca de 1,09 litros ou 97,32 mg de hidrogênio, valor extremamente baixo.

Considerando que um veículo possui 80 cv de potência e aplicando o resultado da potência encontrada na equação anterior, pode-se encontrar o percentual de potência que o gerador devolve ao motor.

$$\begin{aligned} 58840 &\rightarrow 100 \\ 329 &\rightarrow X \\ X &= 0,56 \% \end{aligned} \quad (12)$$

De acordo com o percentual encontrado na equação acima, pode-se constatar que esse resultado é considerado extremamente baixo para meios viáveis de potência. Resumindo, o gerador de hidrogênio absorve mais energia do motor e devolve uma quantidade extremamente baixa para o mesmo.

Para finalizar este capítulo será apresentado um quadro, contendo algumas vantagens e desvantagens do gerador de hidrogênio num veículo possuindo um

motor de combustão interna. Essas informações foram possíveis, mediante aos testes realizados em laboratório, bem como os materiais que contemplam esse trabalho.

6.5 Vantagens e desvantagens do uso do gerador de hidrogênio em motores de combustão interna

O quadro 02 exibido a seguir, apresentará algumas vantagens e desvantagens do uso do gerador de hidrogênio em veículos automotivos que possuem motores de combustão interna.

Vantagens	Desvantagens
O fato de se usar hidrogênio e oxigênio, ocasionará uma redução dos gases poluentes, nomeadamente CO (Monóxido de carbono), CO ₂ (Dióxido de carbono) e NO _x (Óxido de nitrogênio).	O uso indevido deste elemento no veículo, poderá ocasionar possíveis explosões, já que o hidrogênio na forma gasosa é inflamável.
	Na instalação do sistema HHO ao veículo, será necessário à produção de mais energia elétrica ao alternador, que é movido pelo motor, que consumirá mais combustível para produzir essa energia.
	Devido à ação da corrente elétrica na água, pode-se ocorrer outro efeito além da eletrolise, a ebulição. Esse efeito provocará a entrada de vapor d'água na admissão, possibilitando alguns problemas adversos na eficiência do sistema.
A utilização deste sistema possibilita a "limpeza" dos motores, pois evitará a deposição de resíduos de carvão nas cabeças do motor, válvulas, coletores e até sistema de escape.	O sistema é limitado pela quantidade de energia elétrica disponível no veículo. Se esta energia estivesse disponível, seria necessário um gerador de hidrogênio com uma área relativamente maior, sendo necessário um espaço maior para seu armazenamento.
	De acordo com os cálculos apresentados no decorrer deste trabalho, é evidente que o volume de hidrogênio que o gerador produz não apresentará nenhuma economia de combustível ao veículo automotivo.
	Em rotações mais elevadas, os motores poderão apresentar falhas de ignição e há ciclos que não são completados, pois não há queima de combustível.

Quadro 02 – Vantagens e desvantagens do uso do gerador de hidrogênio em motores de combustão interna.

Fonte: (SILVA, 2016); O autor (2018).

De acordo com o quadro 04, são evidentes as percepções de que o número de desvantagens quando se utiliza hidrogênio através do gerador, num veículo com motor de combustão interna o faz completamente inviável.

7 | CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou analisar através de testes laboratoriais e material teórico, o uso do hidrogênio em motores de combustão interna, através do gerador de hidrogênio. Tal análise, se justifica pelo fato de verificar uma possível economia de combustível num veículo possuindo um motor de combustão interna. Essa análise possibilita desmistificar as informações que circulam nas mídias sociais, sobre o tema abordado no decorrer deste trabalho, se tornando um assunto de extrema relevância para a sociedade, como um todo.

Os resultados obtidos através dos testes realizados em laboratório e de acordo com os materiais teóricos provam que o hidrogênio se originando do gerador de hidrogênio, não se torna viável para um veículo automotivo de combustão interna. São inúmeras as desvantagens que o uso do mesmo, acarreta ao veículo, chegando-se a conclusão que não será viável nas condições propostas. A quantidade de hidrogênio que o gerador produz, não satisfaz as condições para que haja uma possível economia de combustível, satisfazendo o objetivo principal do trabalho, em desmistificar as informações que circulam nas redes.

Uma hipótese para continuar os estudos e pesquisas futuramente, seria analisar o uso do hidrogênio nos motores de combustão interna, sem a presença do gerador, estando o mesmo, armazenado e em um local adequado dentro do veículo, como no caso de veículos que utilizam o gás natural como combustível.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Giovanni Souza de. **Avaliação experimental da duração de combustão para diferentes combustíveis, em um motor padrão Ciclo Otto ASTM-CFR**. 2007, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BARBOSA, Caio Henrique; TAMBOR, José Humberto Machado. Redução de consumo de combustível convencional pela adição de gás hidrogênio. **Caleidoscópio**, v. 1, n. 8, 2016.

BARRETIRI, Thiago Renato; HAUS, Tiago Luis. Análise da viabilidade da utilização de hidrogênio em motores a combustão interna. **Caderno PAIC**, v. 14, n. 1, p. 363-381, 2013.

CÂMARA, Júlio César Chaves. **Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DA ROSA, Daniel Argenta. **Análise teórica e experimental do desempenho de um motor ciclo Otto alimentado a GNV e testes com hidrogênio como combustível auxiliar**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade De Tecnologia – FTEC, Caxias do Sul.

DA SILVA, Thiago Rodrigo Vieira. **Estudo de estratégias de controle dos processos internos de um motor de combustão interna de injeção direta de etanol turbo-alimentado para maximização da eficiência global**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DA SILVA, Givanildo Santos et al. Automóveis movidos a base de água, através da célula produtora

de combustível hidrogênio. **UNIT**, Alagoas, v. 3, n. 3, p. 65, 2017a.

DA SILVA, Heverton Antônio; DA SILVA, Mikele Santos. Gerador de Hidrogênio. In: Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, gás Natural e Biocombustíveis, 2., 2016. Natal. *Anais...*

DO NASCIMENTO, Joel Henrique Silva. **Estudo dos processos físicos envolvidos nos motores que utilizam como combustível álcool e gasolina (ciclo Otto)**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Católica de Brasília, Brasília.

ESTÊVÃO, Tânia Esmeralda Rodrigues. **O Hidrogênio como combustível**. 2008. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

FIGUEIREDO, Robson Lage. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento aplicado a um moto gerador a diesel com injeção de gás de eletrólise visando redução de consumo de combustível**. 2018. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

LELUDAK, Frederico Thomas; HAUS, Tiago Luis. Célula de hidrogênio: estudo e construção de uma célula eletrolítica para produção de hidrogênio gasoso. **Caderno PAIC**, v. 14, n. 1, p. 383-397, 2013.

MACHADO, Deisi Oliveira. **Análise de desempenho de um motor ciclo Otto com biogás**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

MANUAL DE BATERIAS BOSCH. Disponível em: < http://br.bosch-automotive.com/media/parts/download_2/baterias/Manual_de_Baterias_Bosch_6_008_FP1728_04_2007.pdf>. Acesso em 02 out. 2018.

MEDEIROS, E. F. **Hidrogênio energético no Brasil: subsídios para políticas de competitividade 2010-2025**. Centro de Gestão e Estudos Energéticos (CGEE), Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, CGEE: Brasília, 2010.

MILHOR, Carlos Eduardo. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo Otto**. 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEREIRA, Ricardo da Silva et al. **Metodologia para redução do consumo de óleo diesel em sistemas de geração termoelétrica usando misturas de óleo vegetal com adição de gás hidrogênio**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém.

SCHIRMER, Waldir Nagel; OLANYK, Luciano Zart; RIBEIRO, Camilo Bastos. Avaliação do desempenho de um “small non-road engine” operando com misturas gasolina e etanol. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, p. 789-808, 2017.

SENRA, Fernando Osório; DE LIMA, Kelly Aparecida Moreira; DE ABREU, Rodrigo Araújo. **Estudo da aplicação de hidrogênio e gasolina em motor ciclo Otto**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Francisco, Itatiba.

SILVA, Antônio Pedro Meixedo Santos. **Estudo da influência de um sistema HHO no desempenho de um motor de combustão interna**. 2016. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

SILVA, Rita Andrade da. **Análise teórica e experimental de um motor monocilíndrico ciclo otto**. 2016a. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

WOLLMANN, Fábio Leandro. **Estudo da utilização de gás hidrogênio em veículos automotores**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Pinambi.

ZIRR, Leandro de Medeiros. **Consumo de motor a diesel associado com o gerador de hidrogênio.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO

Douglas Mito Cerezoli

Faculdade Meridional (IMED)

Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Leonardo Vinhaga

Faculdade Meridional (IMED)

Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Camila Ricci

Faculdade Meridional (IMED)

Passo Fundo – Rio Grande do Sul

relação a este tema. Os resultados mostraram que 50% dos entrevistados possuem interesse sobre o sistema de geração de energia solar residencial. Já em relação a possibilidade de investimento nesta estratégia, o valor que 85% dos entrevistados investiriam para a obtenção de um sistema de geração de energia fotovoltaica residencial é de até R\$ 10.000,00.

PALAVRAS CHAVE: Eficiência Energética. Energias Renováveis. Energia Solar.

RESUMO: A utilização de recursos naturais não renováveis e altamente poluidores para geração de energia elétrica causam sérias consequências para o homem e para o ambiente, e por isso devem ser evitadas. No Brasil, grande parte da energia elétrica gerada é a partir de fontes naturais renováveis das quais destacam-se a hidráulica, eólica e solar. O presente estudo é direcionado ao entendimento da matriz de energia brasileira e da indicação da possibilidade de desenvolvimento do uso da luz solar para geração de energia elétrica. O Brasil possui uma extensa área territorial e altos níveis de irradiação solar, o que o torna, um país com alto potencial para geração de energia limpa e eficiente a partir da luz solar. Sendo assim, este artigo foi desenvolvido a partir da aplicação de um questionário com o intuito de identificar o entendimento da população em

SOLAR ENERGY: BRAZILIAN PANORAMA

ABSTRACT: The use of non-renewable and highly polluting natural resources for the generation of electricity has serious consequences for humans and the environment and should therefore be avoided. In Brazil, much of the electricity generated comes from renewable natural sources, such as hydro, wind and solar power. The present study is directed to the understanding of the Brazilian energy matrix and the indication of the possibility of developing the use of solar light for electric energy generation. Brazil has an extensive territorial area and high levels of solar irradiation, which makes it a country with high potential for generating clean and efficient energy from sunlight. Therefore, this article was developed from the application of a questionnaire in order to identify the understanding of the population in

relation to this theme. The results showed that 50% of the interviewees are interested in the residential solar generation system. Regarding the possibility of investing in this strategy, the value that 85% of the interviewees would invest to obtain a system of generation of residential photovoltaic energy is up to R\$ 10,000.00.

KEYWORDS: Energy Efficiency. Renewable Energy. Solar Energy.

1 | INTRODUÇÃO

O acesso à energia elétrica pela população é algo que proporciona melhor qualidade de vida no dia a dia. Diante disso, medidas e incentivos do governo ocorreram nos últimos anos visando ampliar o número de famílias com acesso a este conforto. Esse fator aliado ao aumento da renda da população (poder aquisitivo) e ao desenvolvimento da economia como um todo acarretou em um maior consumo de energia elétrica no Brasil (PEREIRA et al., 2017).

Dados do Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico (DMSE), órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), referente ao mês de janeiro/2018, indicam que 81,8% de toda a energia elétrica produzida no Brasil é proveniente de fontes renováveis, dentre as quais podemos citar a hidráulica, eólica e a solar.

De forma mais detalhada, a Figura 1 mostra a composição da matriz geradora de energia elétrica no país no mês de janeiro/2018.

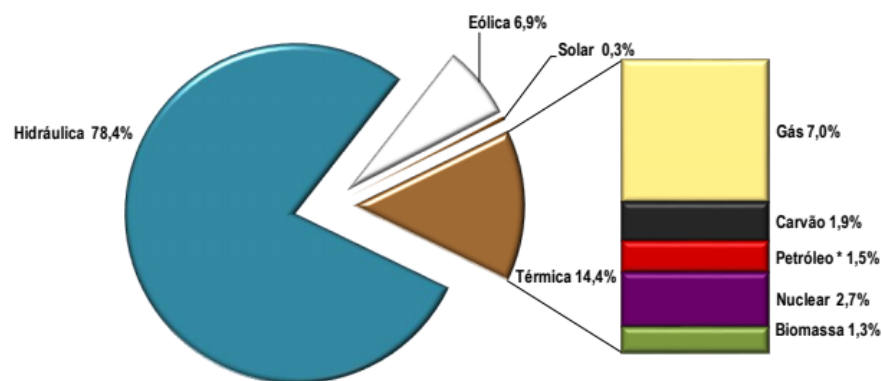


Figura 1 –Matriz de produção de energia elétrica – Janeiro/2018.

Fonte: Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico – DMSE, 2018.

Através da análise da Figura 1, verifica-se a predominância latente da utilização da água para geração da energia utilizada no Brasil. No entanto, as outras fontes naturais renováveis, como eólica e solar, são utilizadas em baixa escala. De certa forma, avalia-se que investimentos em geração de energia a partir do vento e do sol podem reduzir esse contraste de valores e a dependência do meio hidráulico.

PEREIRA et al. (2017, p.11) alerta para o fato de que a geração de energia elétrica a partir da água, tal qual as outras fontes renováveis de energia, “está sujeita à influência de fatores climáticos de modo que a energia armazenada (representada pelo

nível de água acumulada no reservatório) em períodos de seca pode atingir valores críticos”.

O autor continua:

“Com esse recurso natural escasso, a oferta de energia diminui induzindo o crescimento do risco ao sistema energético e acarretando elevação dos preços da energia no país. Além disso, nos períodos de menor incidência de chuvas, o uso dessa água para geração de energia impacta criticamente no uso desse recurso para outros fins, tais como agricultura ou abastecimento”.

Todavia, o futuro prospecta aumentos relacionados a geração de energia a partir da captação da luz solar. Pesquisas desenvolvidas pelo DSME confirmam um crescimento de 1.278,1% entre o período de fevereiro/2017 e fevereiro/2018. Tais constatações oportunizam a olhar de forma mais realista para o desenvolvimento e diversificação da matriz elétrica.

2 | OBJETIVOS

Pela consciência de que a ação humana no mundo pode colocar o planeta em risco e, por consequência, sua própria existência, deve-se pensar com urgência e solidez na disseminação efetiva e permanente de fontes limpas para a geração de energia elétrica no Brasil.

Assim, este estudo busca interpretar e explicar em termos gerais o potencial do Brasil com relação a geração de energia a partir da luz solar e a contribuição disso para a promoção da eficiência energética.

E por fim, por meio de questionário on-line, buscou-se entender a percepção e o entendimento dos habitantes da região noroeste do Rio Grande do Sul com relação ao sistema de geração de energia elétrica a partir da luz solar e a possibilidade de adesão/instalação do sistema de geração de energia em sua própria residência ou estabelecimento comercial.

3 | EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética, dentre outras definições, pode ser entendida como a capacidade de racionalizar o uso da energia, ou seja, continuar com manutenção das atividades de rotina, mas com redução do consumo de energia elétrica (Ministério Do Meio Ambiente, 2014).

A Empresa de Pesquisas Elétrica (EPE) destaca que a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, atribuído, em grande parte, à produção e ao consumo de energia, trouxe argumentos novos que justificam destacar e incentivar a eficiência energética.

PEREIRA et al. (2017, p.11) explica que “a aplicação de tecnologias que buscam o incremento da eficiência energética e a sustentabilidade da produção asseguram e

possibilitam um desenvolvimento com impactos ambientais reduzidos”.

O Brasil por sua vez possui um Plano Nacional de Energia (PNE 2030) no qual está definido para 2030 uma meta de economia de 10% no consumo final de energia elétrica, a ser alcançada mediante o incremento da eficiência dos sistemas energéticos e equipamentos. O PNE 2030 também evidenciou a necessidade de elaborar um plano específico para atender esse desafio.

A disseminação de atividades e produtos que favoreçam a eficiência energética está tornando-se cada vez mais presente no dia a dia da população brasileira. Para isso existe o Selo Procel Eletrobras que atua de forma a induzir o desenvolvimento tecnológico de equipamentos e conseqüentemente na ampliação do ganho energético.

No tocante a ganhos de eficiência energética, é possível destacar na construção civil, a norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho que determina, por exemplo, a necessidade de um estudo de sombreamento e posição solar da edificação na elaboração de um novo projeto construtivo. Entende-se que pequenas atividades de estudo podem influenciar de forma direta na redução de utilização de sistemas elétricos para promover adequação de temperatura dentro dos ambientes, por exemplo.

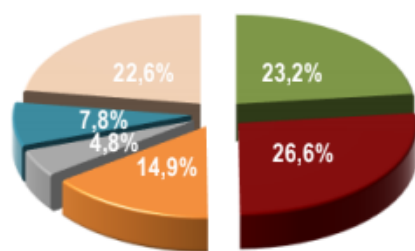
SIMIONI (2006, p.2) coloca que na área de energia elétrica o planejamento do governo nacional baseia-se em atividades para promover o aumento constante da produção de energia e não em propostas de redução de consumo e de estímulo à eficiência energética, ou mesmo, mudança de matriz energética.

A colocação acima retrata a falta de investimentos do governo em alternativas eficientes e complementares no processo de geração de energia elétrica e em atividades de conscientização para a redução do consumo de energia elétrica e adoção de equipamentos mais desenvolvidos do ponto de vista energético.

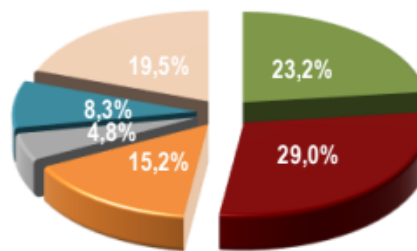
A Figura 2 apresenta o consumo, por setor, de energia elétrica no Brasil no mês de janeiro/2018. O que é relevante nessa análise é o percentual de consumo/gasto relacionado a Perdas e Diferenças que registra, no mês de janeiro/2018, cerca de 22% do total de energia consumida. Esse “setor de consumo” refere-se a perdas no processo de transmissão de energia, ou seja, no trecho que contempla o caminho entre a unidade de geração e o consumidor final. Nesse contexto de perdas também está incluso desvios clandestinos de energia.

Entendendo que a matriz de geração de energia elétrica é predominantemente hidráulica é explicável o alto percentual de perda na transmissão da energia. Desta forma, ao se fazer uma analogia com a utilização de energia solar, onde a geração é realizada por placas fotovoltaicas no próprio ponto de consumo, fica evidente que o índice de perdas é menor. Assim também, nos casos em que ocorre a compensação, processo em que o excedente de energia produzido pelas placas solares é introduzido na linha de transmissão, a perda pela transmissão de energia é muito pequena pelo fato de que essa energia produzida será utilizada na casa vizinha, por exemplo.

Consumo de Energia Elétrica em Janeiro/2018



Consumo de Energia Elétrica em 12 meses



■ Residencial ■ Industrial ■ Comercial
■ Rural ■ Demais classes ■ Perdas e Diferenças

Figura 2 – Consumo de energia elétrica no mês de janeiro/2018 e acumulada 12 meses.

Fonte: Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico – DMSE, 2018.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016), órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia, a eficiência energética promovida pela geração de energia solar “é um importante vetor no atendimento da demanda, contribuindo para a segurança energética, para a modicidade tarifária, para a competitividade da economia e para a redução das emissões de gases de efeito estufa”.

Para ALMEIDA e ROSA et al. (2016, p.1), “a busca pela diversificação da matriz energética brasileira tem se tornado cada vez mais necessária”. Os autores determinam ainda que essa modificação é importante principalmente pela redução das chuvas e conseqüente redução da geração de energia pelas hidrelétricas - maior fonte geradora de energia no Brasil. Eles citam ainda que isso ocasionou aumento substancial e expressivo do preço de energia pago pelos consumidores.

PEREIRA et al. (2017, p.12) evoca que o “aproveitamento do recurso energético solar consiste na conversão da energia emitida pelo sol em energia térmica ou diretamente em energia elétrica, o processo fotovoltaico”.

A EPE comenta que as iniciativas a fim de promover a eficiência energética em bens de consumo são economicamente viáveis. A empresa explica que o custo da implantação de novos produtos, tecnologias e afins é inferior ao custo para a produção ou aquisição de energia cujo consumo é evitado durante a vida útil do produto. Entende-se aqui uma analogia para com a utilização de painéis fotovoltaicos para produção de energia solar: custo inicial elevado, porém com viabilidade econômica considerável se prospectarmos a geração de energia durante o tempo de vida útil médio do sistema – em torno de 25 anos.

4 | ENERGIA POR CAPTAÇÃO SOLAR

De acordo com SIMIONI (2006), a utilização de energia solar emite bem menos poluentes que as fontes tradicionais e não provoca processos de relocação de população ou degradação do bioma, como no caso de grandes projetos para construções de hidrelétricas, por exemplo.

SIMIONI (2006, p.2) entende que a mudança da matriz geradora de energia elétrica envolve interesses diversos e a necessidade de planejamento a médio e longo prazo. Esses dois pontos são fatores que impossibilitam o desenvolvimento rápido de novas fontes de geração energia e substituição das fontes atuais predominantes.

No entanto, o autor adverte que algumas formas de geração de energia “como a solar ou o hidrogênio, são apresentadas por certos grupos como se fosse a salvação da humanidade. Mas como nunca foram utilizadas mais intensamente, não se sabe ao certo suas reais potencialidades e riscos”.

A proporção do potencial - recurso natural disponível - mundial da energia solar anual, em relação aos recursos das demais fontes de energia é mostrada na Figura 3.



Figura 3 – Recursos energéticos totais no planeta.

Fonte: Departamento de Informações e Estudos Energéticos - DIE/MME, 2017.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2013), a geração solar fotovoltaica é o modelo que se espera observar as maiores taxas de crescimento em termos de capacidade instalada e energia gerada: em 2022, estima-se que seja registrado uma taxa de crescimento médio de 72% ao ano.

4.1 Potencial de geração de energia solar no Brasil e no mundo

PEREIRA et al. (2017) destaca que o Brasil possui enorme potencial para a geração de energia a partir da captação solar principalmente devido sua grande extensão territorial e alta incidência média de irradiação.

PEREIRA et al. (2017, p.57) reforça o potencial brasileiro para geração de energia solar e explica que no “local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha”. Destaca-se ainda que a Alemanha é o 3º maior gerador de energia solar do mundo (IEA, 2016).

Outro ponto que merece ser lembrado e tratado como um fator positivo ao desenvolvimento da geração de energia solar, é que a maior incidência da radiação solar no país ocorre nos meses de setembro a novembro, época em que se verificam redução da capacidade de geração de energia usinas hidrelétricas do Brasil (Pereira et al., 2017).

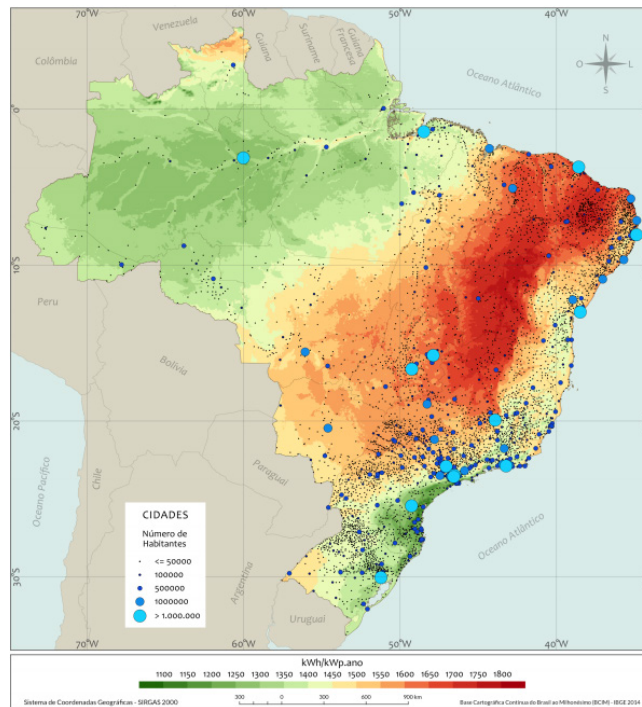


Figura 4 - Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil e número de habitantes.

Fonte: Pereira et al., 2017.

Para PEREIRA et al. (2017, p.58),

“Gerar eletricidade solar no telhado de uma residência é cada vez mais competitivo com os preços e tarifas de energia elétrica convencionais e cada vez mais as distribuidoras de energia vêm reconhecendo a tecnologia solar fotovoltaica muito mais como uma oportunidade do que como um risco (perda de receita)”.





















Dessa forma, conclui-se que a utilização de energia solar é convenientemente vantajosa de forma geral. Do ponto de vista energético, pois evita perdas na distribuição; para o consumidor, desconto na fatura de energia e por fim para a concessionária, a geração de energia no ponto de distribuição e consumo (Pereira et al., 2017).

PEREIRA et al. (2017, p. 58) em sua publicação enfatiza diversas vezes o fato de que está ocorrendo gradativamente a redução dos preços do sistema instalado para geração de energia a partir das placas fotovoltaicas. O autor cita que “com a queda acentuada dos preços dos geradores solares fotovoltaicos nos últimos anos, sua adoção por todo o território brasileiro é crescente [...]”.

Para JUNIOR et al. (2017, p. 2), “apenas a região Nordeste do Brasil, que possui área de 1.558.000 km² e apresenta os maiores níveis de irradiação do país, é maior do que Japão e Alemanha juntos”.

4.2 Geração de energia solar no Brasil e no mundo

Conforme a figura 5 é possível observar o panorama mundial da geração de energia solar a partir do ranking dos países com relação à ampliação de geração de energia solar no ano de 2016 e capacidade total instalada.

1		China	34,5 GW	1		China	78,1 GW
2		USA	14,7 GW	2		Japan	42,8 GW
3		Japan	8,6 GW	3		Germany	41,2 GW
4		India	4 GW	4		USA	40,3 GW
5		UK	2 GW	5		Italy	19,3 GW
6		Germany	1,5 GW	6		UK	11,6 GW
7		Korea	0,9 GW	7		India	9 GW
8		Australia	0,8 GW	8		France	7,1 GW
9		Philippines	0,8 GW	9		Australia	5,9 GW
10		Chile	0,7 GW	10		Spain	5,5 GW

(a)

(b)

Figura 5 - a) Ranking ampliação de geração de energia solar - ano 2016; b) Ranking capacidade instalada para geração de energia solar.

Fonte: IEA (2016).

Como já citado no início desse estudo e a título de comparação, no Brasil registrou-se em fevereiro/2018, geração de 1,23 GW a partir de fonte solar. Isso evidencia a evolução que necessita ser feita no que se refere a utilização de energia solar visando conquistar posições mais elevadas no ranking mundial.

5 | POPULAÇÃO E A ENERGIA POR CAPTAÇÃO SOLAR

No intuito de verificar qual a percepção e entendimento da população com relação ao sistema de energia renovável e limpa, como a citada neste trabalho, foi elaborado um modelo de questionário de pesquisa (em anexo), através da plataforma do Google formulários. O questionário foi disponibilizado de forma on-line para 200 pessoas que fazem parte do público alvo da pesquisa: pessoas que possuem residência na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul/RS. Estabeleceu-se que seria necessário um número mínimo de 50 respostas visando grande volume de dados para a realização das análises e conclusões.

6 | ANÁLISES E RESULTADOS

Do total de questionários emitidos, o retorno foi de 34%, ou seja, 68 pessoas responderam e proporcionaram dados suficientes para a realização das análises. Qualificando o público que respondeu ao questionário, verificou-se que 79,4% dos entrevistados residem em casas e apenas 20,6% residem em apartamentos.

Ainda de acordo com os objetivos deste trabalho e considerando a tipologia da residência dos entrevistados, constatou-se que 78% dos que moram em apartamentos possuem interesse pelo sistema de energia solar e já buscaram informações no intuito de compreender o funcionamento do mesmo, bem como efetivo interesse em instalar este sistema de geração de energia limpa e renovável.

Em contrapartida, dentre os entrevistados residentes em casas, apenas 43% possuem interesse sobre o sistema e já buscaram conhecer melhor o seu funcionamento.

No entanto, após uma exemplificação do investimento necessário para a instalação do sistema e a economia no gasto com energia elétrica resultante durante o tempo de vida útil do mesmo, foi identificado que 85% destas pessoas realizariam a instalação do sistema, mesmo não tendo até o momento, contato ou interesse pelo modelo de geração de energia que está em estudo.

No tocante ao investimento que os entrevistados estariam dispostos a realizar, identificou-se que 52%, que possuem gasto mensal de energia elétrica entre R\$ 100,00 e R\$ 200,00, aportariam um investimento de até R\$ 5.000,00, o que para o caso do Brasil, que atualmente possui valores elevados para instalação deste sistema, este investimento fica muito abaixo do necessário para atender a demanda necessária de uma residência.

Outro dado constatado através dos questionários é que após a explanação do investimento necessário para a instalação do sistema e da economia que o mesmo proporciona em relação aos gastos com energia elétrica, 86,7% do total de entrevistados, faria a instalação do sistema de geração de energia solar em sua residência.

Em resumo, constatou-se que após a percepção do retorno do investimento ao longo da vida útil do sistema de geração de energia elétrica a partir de uma fonte limpa e renovável que é o sol, a maioria dos entrevistados afirmaram estar favoráveis a instalação do sistema. Dessa forma, avaliou-se que a falta de condições financeiras para a fase inicial de instalação das placas solares e seus componentes é elevada e nem todos possuem ou podem desprender esse valor no momento.

7 | CONCLUSÃO

A matriz geradora de energia elétrica brasileira é predominantemente hidráulica. Nos últimos anos registrou-se redução dos índices pluviométricos em algumas regiões do território brasileiro. Este efeito climático ocasionou aumento da tarifa cobrada pela concessionária de energia elétrica e o descontentamento de uma parcela da população brasileira.

Diante disso e de todas as explicações do decorrer do artigo é possível afirmar que a energia solar é, sem dúvidas, a matriz geradora que pode mitigar a dependência pela fonte hidráulica. O Brasil é um país com intensa irradiação solar em quase todo o ano e isso faz com que seja o maior produtor de energia solar do mundo.

A barreira para a disseminação do sistema de captação solar, na maioria dos casos, é o investimento monetário inicial, que no Brasil ainda é elevado. Desta forma, conclui-se a necessidade de maior incentivo e propagação das informações referente aos benefícios da utilização do sistema fotovoltaico por meio dos órgãos públicos e das concessionárias de energia.

Somente após medidas efetivas será possível desfrutar, ainda mais, das benesses da luz solar, tão abundante no país, que pode ser tratado ainda como um

sistema complementar de geração de energia limpa e que, a longo prazo, mostra-se capaz de trazer rentabilidade financeira aos seus adeptos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; ROSA, A. C. et al. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**, 2016.

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÕES E ESTUDOS ENERGÉTICOS (DIE). **Energia solar no Brasil e no mundo. Ano de referência – 2016**. Brasil: Ministério das Minas e Energias (MME), 2017.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS (EPE). **Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2013-2022)**. Brasil: Ministério das Minas e Energias (MME), 2013.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS (EPE). **Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Brasil: Ministério das Minas e Energias (MME), 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Snapshot of global photovoltaic markets**. Mary Brunisholz, IEA PVPS, 2016.

JUNIOR, A. C. O. M et al. **POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR: O BRASIL E O MUNDO**. 14ª Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poços de Caldas, 2017

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura**. Brasília: MMA, 2014.

NASCIMENTO, R. L. **ENERGIA SOLAR NO BRASIL: SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS: A crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e a busca pela diversificação da matriz elétrica, associado com o aumento na demanda por energia**. Estudo Técnico, Consultoria Legislativa, 2017

NEO SOLAR. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/>>. Acesso em: abril de 2018.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F. R. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2º ed. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, 2017.

PORTAL SOLAR. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: abril de 2018.

SIMIONI, C. A. **O USO DE ENERGIA RENOVÁVEL SUSTENTÁVEL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. Tese de Doutorado, 2006. Universidade Federal do Paraná - Curitiba.

ANEXO

QUESTIONÁRIO SOBRE ENERGIA SOLAR

É cada vez mais latente a preocupação da população e dos órgãos públicos com relação ao esgotamento das fontes naturais geradoras de energia elétrica. Verifica-se com frequência aumento das tarifas na cobrança de energia elétrica causadas, em grande parte, pela redução ou dificuldade na geração do produto (energia elétrica) que chega até as residências dos

brasileiros. Essa constatação nos leva a identificar a necessidade de favorecer a utilização de outros recursos naturais renováveis, no qual podemos citar a utilização da luz solar para a geração de energia elétrica.

Abaixo segue um breve questionário que se refere ao sistema de geração de energia elétrica a partir da captação da luz solar e o disseminamento do assunto entre a população

1 – Na residência em que você mora, qual o custo (R\$) mensal com energia elétrica?

- Até R\$ 60,00
- De R\$ 60,00 até R\$ 100,00
- De R\$ 100,00 até R\$ 200,00
- Acima de R\$ 200,00

2 – Quantas pessoas moram junto com você e compartilham do uso de energia elétrica para geração do custo indicado na questão anterior?

- 1 pessoa – moro sozinho
- Até 3 pessoas
- De 4 até 6 pessoas
- Mais de 6 pessoas

3 – Como é o local em que você mora?

- Apartamento
- Casa

4 – Marque abaixo todas as atividades que contribuem para o consumo de energia elétrica na sua fatura mensal:

- Somente atividades da residência (luz, eletrodomésticos, etc..)
 - Atividades com pecuária (animais de corte ou produção leiteira)
 - Atividades com suínos
 - Atividades com avicultura (aves)
 - Atividades de comércio em geral (lojas, supermercados, etc..)
- Outras: _____

5 – De forma geral, assinale abaixo o seu entendimento com relação ao sistema de geração de energia elétrica a partir da captação da luz solar?

- Desconheço totalmente do assunto
- Já ouvi do assunto porém, não é algo que me interessa
- Tenho interesse sobre o assunto porém, nunca busquei aprofundamentos
- Tenho interesse pelo assunto e já busquei aprofundamentos (orçamentos, como funciona, etc..)
- Em minha residência faço uso do sistema fotovoltaico

6 – Imagine que lhe seja proposto a comercialização de um sistema de geração de energia elétrica a partir da captação da luz solar para a sua residência. Considere que o sistema instalado é capaz de tornar a sua residência autossuficiente na geração de energia elétrica, ou seja, toda a energia consumida na residência é produzida pelos painéis solares. Diante disso, qual valor (R\$) você estaria disposto a investir para a instalação desse sistema de geração de energia elétrica?

- Investimento de até R\$ 5.000,00
- Investimento entre R\$ 5.000,00 e R\$ 10.000,00
- Investimento entre R\$ 10.000,00 e R\$ 20.000,00
- Investimento acima de R\$ 20.000,00

7 – Na tabela abaixo está descrito hipóteses de sistema de captação de energia solar baseado no gasto mensal com energia elétrica. Nas colunas ao lado há indicações do investimento inicial necessário e a economia resultante da utilização do sistema durante a sua vida útil. Veja:

Hipóteses de sistema de geração de energia para atender gasto mensal	Investimento para geração de energia autossuficiente	Prazo de retorno do investimento (PRI)	Economia no pagamento de energia durante a vida útil do sistema (25 anos)
Situações	(R\$)	(ANOS)	(R\$)
Gasto mensal R\$ 60,00	R\$ 7.000,00	9,8	R\$ 9.200,00
Gasto mensal R\$ 100,00	R\$ 10.000,00	8,4	R\$ 17.000,00
Gasto mensal R\$ 200,00	R\$ 19.000,00	8,0	R\$ 35.000,00
Gasto mensal R\$ 400,00	R\$ 27.000,00	5,7	R\$ 81.000,00

* Valores aproximados considerando a) tarifas de 0,75 R\$/kWh, b) simulador solar disponível online em <https://www.portalsolar.com.br> e c) 90% de capacidade operacional durante a vida útil.

Diante destes dados, você instalaria em sua residência um sistema de geração de energia elétrica a partir da captação da luz solar?

- () Sim
() Não

ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM

Daniel Marcos de Lima e Silva

Centro Universitário de Patos de Minas
Patos de Minas – Minas Gerais

Maísa de Castro Silva

Centro Universitário de Patos de Minas
Patos de Minas – Minas Gerais

Marcelo Ferreira Rodrigues

Centro Universitário de Patos de Minas
Patos de Minas – Minas Gerais

RESUMO: Esse artigo corresponde ao estudo da eficiência energética do Bloco I do UNIPAM de acordo com as verificações do manual RTQ-C e RAC-C para se adquirir a certificação energética, e posterior fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), tendo como objetivo medidas que diminuam o consumo de energia, proporcionando retorno para a gestora dos métodos implantados na forma de custo benefício, e formas sustentáveis para melhorias na qualidade de vida. O estudo foi realizado através de visitas *in loco* e pesquisas bibliográficas que deram suporte para a metodologia adotada e os resultados obtidos. Foram obtidos níveis satisfatórios de eficiência em relação ao condicionamento de ar, iluminação e envoltória, mas foram identificados usos desnecessários de energia elétrica gasta com iluminação, bem como a necessidade de

substituição dos dispositivos por outros mais eficientes. Para o sistema de iluminação foi proposto a troca das luminárias convencionais por luminárias LED e a instalação de sensores de presença nos banheiros. Também são propostas campanhas de conscientização de usuários e colaboradores por meio de palestras e cartazes. A implantação de todas as propostas proporcionará uma economia considerável, sendo o consumo mensal médio de 23893,36 KWh e após a implantação das propostas o consumo médio passará a ser de 16346,48, proporcionando uma diminuição para 68,41% do consumo atual. Calculando a viabilidade financeira de implantação das propostas considerando o menor dos orçamentos, o tempo estimado de retorno é de 5,79 meses, ou seja, em seis meses o custo dos investimentos será coberto pela economia proporcionada.

PALAVRAS-CHAVE: economia de energia, eficiência energética, RTQ-C, RAC-C, iluminação, LED.

ABSTRACT: This article corresponds to the study of the energy efficiency of Block I of UNIPAM according to the verifications of the manual RTQ-C and RAC-C for acquiring the energy certification and subsequent supply of the National Energy Conservation Label (ENCE). objective measures to reduce energy consumption, providing a return to the

manager of the methods implemented in the form of cost benefit, and sustainable ways to improve the quality of life. The study was carried out through on-site visits and bibliographical research that supported the methodology adopted and the results obtained. Satisfactory levels of efficiency were obtained in relation to air conditioning, lighting and enveloping, but unnecessary uses of electric energy spent with lighting were identified, as well as the need to replace the devices with more efficient ones. For the lighting system it was proposed the exchange of conventional luminaires by LED luminaires and the installation of presence sensors in the bathrooms. There are also campaigns to raise awareness of users and collaborators through lectures and posters. The implementation of all proposals will provide considerable savings, with the average monthly consumption of 23893,36 KWh and after the implementation of the proposals the average consumption will be 16346.48, giving a reduction to 68.41% of current consumption. Calculating the financial feasibility of implementing proposals considering the lowest budgets, the estimated time of return is 5.79 months, ie in six months the cost of investments will be covered by the provided savings.

KEYWORDS: Energy saving, energy efficiency, RTQ-C, RAC-C, lighting, LED.

1 | INTRODUÇÃO

Em tempo de mudanças climáticas, aquecimento global e aumento no custo de energia é fundamental que haja uma mudança de paradigma no setor construtivo, para que possamos minimizar o impacto ambiental das obras, visando economia e a conservação dos recursos naturais (QUEIROZ, 2009).

A certificação energética de edifícios é uma tendência mundial, sendo então primordial para o desenvolvimento sustentável e racional dos recursos naturais. No Brasil, o Inmetro e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) introduziram em fevereiro de 2009 o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que estabelece parâmetros para a definição do nível de eficiência dos edifícios e fornece a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Essa iniciativa vem atender à primeira lei de eficiência energética no Brasil, Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e que foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001a). O referido decreto também criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País, para propor formas de regulamentar as edificações construídas no Brasil, visando ao uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001).

Por meio desta pesquisa foi analisada a eficiência energética da edificação que corresponde ao Bloco I do Centro Universitário de Patos de Minas, tendo como referências as normas pertinentes e as qualificações RTQ-C e RAC-C, onde foram possíveis identificar usos desnecessários e excessivos de energia elétrica gasta em

iluminação, conforto térmico, e etc.

2 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Por volta de 250 anos atrás nascia a sociedade industrial, proveniente as soluções dos conhecimentos científicos para resolver questões práticas. Em um curto espaço de tempo, esta evolução proporcionou ao ser humano a possibilidade de elevar suas expectativas de vida consideravelmente, fazendo com que a população do planeta seja multiplicada por um fator seis (de acordo com a ONU, estima-se que a população mundial seja mais de sete milhões de habitantes) (AGOPYAN, JOHN, 2014).

Atualmente, a agricultura e pecuária produzem alimentos em qualidade e quantidade suficientes e até além do necessário, proporcionando aos seres humanos uma vida mais confortável do que no passado. Porém, o aumento da expectativa de vida e o crescimento populacional estão levando à diminuição dos recursos naturais, o que ressalta a importância da sustentabilidade em todas as áreas. Assim, uma mudança de paradigma é muito importante para o presente e também o futuro, sendo sempre essencial a busca pela evolução dos processos de configuração do ambiente construído. Também é necessário constantemente analisar a fundo sua dinâmica através de métodos de gestão da construção, da operação e da deposição, com redução do desperdício, otimização dos processos construtivos, e melhoria da eficiência energética.

Portanto, profissões tecnológicas têm um importante papel a desempenhar em termos de economia, pois apenas com o pleno uso do conhecimento as alternativas de produção e consumo sustentáveis e justas são encontradas. A responsabilidade advém, também, do impacto ambiental causado por todas as ações praticadas. Impacto esse que pode ser reduzido com o uso adequado dos recursos, reaproveitamento de resíduos, controle de desperdício e direcionamento produtivo (QUEIROZ, 2009).

3 | OS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A sustentabilidade na construção civil possui uma cadeia produtiva complexa, pois envolve setores industriais díspares. Desde os projetos, produção das matérias primas até os processos construtivos. Assim, para que uma edificação seja totalmente sustentável é necessário que os conceitos de sustentabilidade estejam em todas as fases da construção.

A produção dos materiais de construção também é uma fonte de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, e neste contexto destacam-se o uso de combustível fóssil na fabricação e transporte dos materiais, decomposição do calcário e outros carbonatos durante a calcinação e a extração de madeira nativa para emprego tanto como material como combustível (AGOPYAN; JOHN, 2014).

Quase todos os materiais industrializados passam por processos de calcinação:

cerâmicos, cimento, aço, vidro, alumínio, etc. Na maioria dos processos produtivos, as altas temperaturas são obtidas com o uso de energia fóssil não renovável, como derivados de petróleo e o carvão mineral. Em todos os casos, o combustível utilizado aumenta a concentração de CO₂ na atmosfera. A decomposição do calcário em fornos a altas temperaturas é outra fonte significativa de emissão de CO₂ na indústria da construção civil. Cada tonelada de calcário libera 440 kg de CO₂ e gera apenas 560 kg de material. Materiais indispensáveis para a construção, como cimento, aço e a cal hidratada dependem desse processo produtivo. Dos materiais citados, apenas o cimento, é responsável por aproximadamente 5% das emissões de CO₂. O uso de eletrodos de grafite na produção do aço por arco elétrico e alumínio também é outra fonte de destaque (AGOPYAN; JOHN, 2014).

4 | A HISTÓRIA DA LÂMPADA

As primeiras pesquisas realizadas sobre as fontes de luz de origem elétrica têm mais de 100 anos. Em 1854, tendo como inventor Heinrich Goebel, que construiu e usou pela primeira vez uma lâmpada incandescente. Somente vinte e cinco anos mais tarde iniciou-se a produção de lâmpadas incandescentes em escala industrial, graças a notáveis pesquisas realizadas por Thomas Alva Edison, por volta de 1879 (CAVALIN; CERVELIN, 2011).

Em 1898 Auer von Welsbach conseguiu substituir o filamento de carvão pelo filamento metálico (ósmio), aperfeiçoando com essa inovação a lâmpada. Esse modelo já se assemelha com a lâmpada atual. Em 1913 começaram a serem produzidos os filamentos em espiral, e o filamento de ósmio foi substituído pelo de tungstênio (cujo ponto de fusão é de 3.387°C), que apresenta as melhores condições técnicas para esse fim, elevando muito o rendimento luminoso. Com o objetivo de aumentar a vida útil da lâmpada, foram introduzidos gases no receptáculo das lâmpadas, primeiramente o nitrogênio, depois o argônio e por fim, o criptônio. Em 1910 Claude apresentou a lâmpada com funcionamento à base de gases nobres (argônio, xenônio, criptônio, néon e hélio) e de vapor de sódio. Em 1934 apareceu a primeira lâmpada fluorescente que é muito empregada na indústria, comércio e residências (CAVALIN; CERVELIN, 2011).

A partir de então, vários tipos de lâmpadas foram desenvolvidos, e a crescente evolução ainda continua. A busca por maior eficiência energética é o principal motivo das melhorias tecnológicas e a necessidade de economia leva ao desenvolvimento de dispositivos cada vez mais eficientes. Atualmente as lâmpadas incandescentes já estão quase em desuso e até mesmo as fluorescentes estão perdendo espaço para as lâmpadas de LED, sendo que estas últimas além de um consumo de energia relativamente baixo possuem vida útil muito superior.

5 | O LED

Segundo Cavalin e Cervelin (2011), os primeiros estudos sobre o LED foram realizados pelo russo Oleg Losev, na década de 20 do século passado. Como não havia aplicação prática para a época, ficou por muitos anos esquecido. No entanto, que ficou conhecido como o pai do LED foi Nick Holonyak Jr., que em 1962, como funcionário da General Electric, construiu o primeiro LED de uso prático, porém somente na cor vermelha e com baixa intensidade luminosa (1mcd). Posteriormente surgiram os de cor amarela (1960) e verde (1975).

De acordo com o Laboratório de Iluminação do UNICAMP (2016):

O LED é um componente eletrônico semiconductor, ou seja, um diodo emissor de luz (L.E.D = Light Emitter Diode), mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido (Solid State).

De acordo com o Laboratório de Iluminação do UNICAMP (2016), os benefícios do uso dos LEDs: maior vida útil; custos de manutenção reduzidos; eficiência; resistência a impactos e vibrações; controle dinâmico da cor; acionamento instantâneo; controle de intensidade variável; cores vivas e saturadas sem filtros; luz direta, aumento da eficiência do sistema; ecologicamente correto; ausência de ultravioleta; ausência de infravermelho; possuem a possibilidade de acendimento e apagamento rápidos possibilitando o efeito “flash”.

6 | O USO DOS EDIFÍCIOS

De acordo com Agopyan e John (2014), estima-se que em nível global, o uso dos edifícios seja responsável por 25% das emissões de CO₂. As emissões podem ser diretas, como a queima de combustíveis fósseis para fins de condicionamento ambiental, aquecimento de água; e indiretas, que são associadas à eletricidade utilizada que é produzida por concessionárias de distribuição. A matriz energética utilizada para a geração de eletricidade é determinante das emissões indiretas associadas ao consumo de eletricidade e apresenta ampla variação. No caso da eletricidade, a construção civil contribui nos aspectos relativos à iluminação, ventilação, aquecimento elétrico ambiental e de água, e ar condicionado. Os potenciais de consumo de cada setor dependem muito das características regionais.

Dentre outras fontes de emissões de gases de efeito estufa na construção civil, incluem-se as emissões de metano associadas à decomposição de matéria orgânica como a madeira, as emissões de compostos orgânicos voláteis de tintas, revestimentos (massa corrida e acrílica, grafiatos, texturas, etc.) adesivos, asfalto e outros materiais de construção, e as emissões associadas aos fluidos de refrigeração e extintores.

7 | GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

A geração industrial de energia elétrica pode ser realizada por meio do uso da energia potencial da água (geração hidrelétrica) ou utilizando a energia potencial dos combustíveis (geração termoelétrica). No Brasil, pelo fato de ser um país com imenso potencial hidráulico, cerca de 74,7% da energia gerada ocorre por meio das hidrelétricas. As termoelétricas existentes no país, 21,5% são termoelétricas convencionais, que utilizam combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral, etc.) e combustíveis não fósseis (madeira, bagaço de cana, etc.), e 2,1% são nucleares (urânio enriquecido) (CREDER, 2012).

A energia elétrica é medida por instrumentos que se chamam quilowatt-hora-metro, que são dispositivos integradores, que somam a potência consumida ao longo do tempo. O princípio de seu funcionamento é o mesmo de um motor de indução, ou seja, os campos gerados pelas bobinas de corrente e de potencial induzem correntes em um disco, provocando a sua rotação. Solidário com o disco existe um eixo em conexão com uma rosca sem-fim, que provoca a rotação dos registradores, os quais fornecerão a leitura (CREDER, 2012).

8 | CLIMA, VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAL

O clima é um fator de peso no projeto e na habitação do homem, sendo ele variável e permanente no tempo, sendo composto por fatores estatísticos (posição geográfica e relevo) e fatores dinâmicos (temperatura, umidade, movimento do ar e radiação), (MASCARÓ, 1985).

Logo, em breve análise, percebe-se que o clima pode ser ou não favorável à construção civil, interligado a sustentabilidade com eficiência no uso e construção. Não tardia é sua importância na geração de energia, visto que a população consumista-egotadora, usufrui descontroladamente dessa fonte, o clima nos favorece em vários âmbitos de energias sustentáveis e autossuficientes, utilizando-se de recursos naturais e por vezes inesgotáveis, como vento e sol, (MASCARÓ, 1985).

Os fatores climáticos estão em união, temperatura, umidade, movimento do ar, radiação, e todos afetam o desempenho térmico do edifício.

Segundo Mascaró (1985), a taxa de ganhos ou perdas de calor do edifício depende de um conjunto de fatores, como: diferença de temperatura interior e exterior, sendo este, vinculado às características do material e da cor das superfícies; localização, orientação; características do entorno natural e construído; ação do vento; localização estratégica dos equipamentos.

Tal qual Mascaró, (1985, p. 22) aconselha-se orientar o edifício na direção do vento dominante favorável e, sempre que possível, nas latitudes maiores, fazê-lo favoravelmente em relação à carga térmica recebida no período quente. Sua forma deve ser definida em função da orientação disponível, minimizando a carga térmica

ganha e o consumo de energia operante, (MASCARÓ, 1985).

Lembrando que a vegetação, a topografia e a massa construída auxiliam na intensidade dos ventos, mudando assim seu desempenho. Uma característica relevante do Bloco I e seu entorno, é que sua arborização favorece o controle a radiação solar direta, suavizando assim a temperatura do ar.

“Os impactos da urbanização na ventilação urbana, inevitáveis nos climas quente-úmidos, podem ser otimizados por meio da altura relativa, forma e distância entre os edifícios, reduzindo os consumos de energia” (MASCARÓ, 1985, p. 33).

Diante do exposto conclui-se que uma alternativa cabível e adequada para as duas fases climáticas está no bom planejamento do projeto, o adequando às necessidades do edifício.

Sérgio Rocha (2012, p. 30) cita que telhados verdes oferecem uma estratégia inteligente e de alto impacto para amenizar a aridez e os efeitos das mudanças do clima nas cidades modernas. Inúmeras cidades reconhecem esses serviços e oferecem incentivos fiscais e reduções de impostos, sinalizando mudanças de rumo no planejamento e na reestruturação da infraestrutura urbana.

Ventilação natural é um procedimento que permite a movimentação do ar no interior das edificações, e que não utiliza energia elétrica ou mecânica para sua realização.

Fanger *et al* (1987) afirmam que para promover um ambiente confortável, é essencial um melhor entendimento das respostas do corpo humano ao movimento de ar, para poder desenvolver uma distribuição adequada da ventilação nos ambientes. A ventilação não traz apenas conforto, ela também pode promover desconforto, como com resfriamento indesejado em alguma parte do corpo humano. É comum esse desconforto em ambientes com ar condicionado como carros, ônibus e aviões, e essa sensação muitas vezes faz com que as pessoas interrompam a ventilação ou até aumentem a temperatura nos equipamentos de condicionamento de ar, o que não melhora as condições de conforto.

Mascaró (1985, p. 71) conclui que a localização relativa dos prédios – levando em consideração a medida máxima, comprimento, largura, altura e sua orientação em relação à direção do vento – será de fundamental importância para ventilação natural.

A visão humana evoluiu ao longo de milhões de anos usando a luz natural – uma combinação de luz solar direta e luz difusa do céu – e por esse motivo apresenta maior facilidade de se adaptar a ela. A luz natural é uma fonte luminosa de espectro completo, por isso é usada como referência na comparação com as fontes artificiais. Também é considerada a melhor fonte de luz para a fidelidade na reprodução das cores, (ROBBINS, 1986).

A luz natural pode fornecer parte ou toda a iluminação para a execução de tarefas visuais, mas também pode causar desconforto visual e térmico, pois ela varia em nível e composição espectral de acordo com o tempo. Assim se deve fornecer um controle adequado da luz, com persianas ou trises, de tal forma que a luz solar não atinja

diretamente os trabalhadores e/ou as superfícies no interior do campo de visão (NBR ISO CIE 8995-1/2013).

Sistemas de acionamento automático de iluminação como sensores de presença e temporizadores são alternativas eficientes de se evitar o consumo desnecessário de energia elétrica e também o desgaste natural do uso dos equipamentos.

Vale ressaltar que uma boa visualização de uma tarefa tem impacto direto sobre o tempo necessário para fazê-la, e assim uma boa iluminação influencia diretamente na produtividade, e também na segurança.

9 | RTQ-C: REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE

Trata-se de uma apresentação do Processo de Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética de Edificações, que analisa o desempenho energético de um edifício, para concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE - atendendo ao Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, (RTQ-C, 2013).

A razão de etiquetar edificações é informar o nível de eficiência energética das edificações, diminuir o consumo de energia, aprimorar o conforto térmico, incentivar as inovações tecnológicas e garantir edificações energeticamente mais eficientes. Para se obter a etiqueta, deve-se seguir dois métodos: o método prescritivo e o método de simulação, (RTQ-C, 2013).

O método prescritivo utiliza equações para o cálculo de eficiência energética da edificação. No método de simulação, que utiliza modelagem computacional para tal classificação, a utilização de um dos desses dois métodos resultará na obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Esta que poderá ser adquirida em duas fases, uma durante a fase de projeto, onde as decisões mais importantes da edificação são tomadas; a outra, após a edificação construída, (RTQ-C, 2013).

Após a conclusão da obra, deve-se solicitar a ENCE de Edificação Construída. Esta etiqueta somente pode ser solicitada depois de concedido o alvará de conclusão da obra ou comprovada às ligações definitivas para fornecimento de energia elétrica e gás combustível pelas respectivas concessionárias, (RTQ-C).

Para se alcançar nível A, é necessário que 100% da demanda sejam atendidas pelos seguintes sistemas:

- Sistema de aquecimento solar;
- Aquecedores de gás do tipo instantâneo;
- Sistema de aquecimento de água por bomba de calor;
- Caldeiras de gás.

Segundo RTQ-C (2013), iniciativas que aumentem a eficiência energética da edificação podem aumentar em até um ponto ou um nível a classificação final da edificação. Essas iniciativas são chamadas de bonificações e podem ser:

- Racionalização de água;
- Sistemas e Fontes Renováveis de Energia;
- Sistema de Cogeração e Inovações Técnicas ou Sistemas;
- Elevadores que atingem nível A.

Os usuários também têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através de seus hábitos, podendo reduzir de forma significativa o consumo de energia, contribuindo para o aumento da eficiência das edificações e redução de desperdícios. Assim, conclui-se que todos os envolvidos na concepção e utilização dos edifícios e seus sistemas podem contribuir para criar e manter edificações energeticamente eficientes.

Um edifício eficiente com usuários ineficientes pode tornar-se um edifício ineficiente. Da mesma forma, edifícios ineficientes podem aumentar consideravelmente sua eficiência se houver empenho de seus usuários (Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C, 2016).

Os aspectos envolvidos na qualificação RTQ-C são: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar.

De acordo com Lamberts, *et. al*, (2013) a classificação da envoltória é feita através da determinação de um conjunto de índices referentes às características do edifício. Componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital são definidos em pré-requisitos, enquanto as aberturas verticais são avaliadas através de equações. Como parte da avaliação no que se refere à envoltória, tem-se: cobertura, fachada e aberturas, volume, área de piso e orientação das fachadas.

A eficiência da iluminação é determinada calculando a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente. A determinação da iluminação adequada para cada atividade é feita com base na ABNT NBR ISO CIE 8995-1/2013. Desta forma, é calculada a potência instalada de iluminação, a iluminância de projeto e a iluminância gerada pelo sistema para determinação da eficiência. Quanto menor a potência utilizada, menor o consumo de energia e mais eficiente é o sistema. Esse item deve ser avaliado por ambiente, pois podem ter diferentes usos, portanto diferentes necessidades de iluminação, (LAMBERTS, *et. al*, 2013).

Segundo Lamberts, *et. al*, (2013) quanto ao condicionamento de ar, sua eficiência leva em consideração:

- Sistemas individuais: consultas dos níveis de eficiência dos aparelhos instalados na edificação, já classificados pelo INMETRO;
- Sistemas de condicionamento de ar centrais (não classificados pelo INMETRO): prescrições definidas no regulamento. Depende da verificação de um número que requisitos.

O RTQ-C apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificações parciais da envoltória, do

sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos estabelecidos no regulamento e permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou com a racionalização no consumo de água, (BRASIL, 2009).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida através de avaliação dos requisitos contidos no RTQ-C para o edifício usando o método descrito no RAC-C. O caráter voluntário do RTQ-C visa preparar o mercado construtivo, de forma gradativa, a assimilar a metodologia de classificação e obtenção da etiqueta. A metodologia de classificação está presente no texto do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C) do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Público, enquanto a metodologia de obtenção da etiqueta refere-se aos procedimentos para avaliação junto ao INMETRO, e está presente no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), (LAMBERTS, *et. al.*, 2013).

Diante de tanta informação e urgência na análise do comportamento do edifício e a precisão da sua regularização, foram debatidas no Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações (CHICHERCHIO; FROTA; LAMBERTS, 1991) que deu princípio as normas vigentes ABNT NBR 15220 (2005) e ABNT NBR 15575 (2008).

A partir da publicação da NBR 15220 (2005) houve uma padronização inicial na definição das características construtivas necessárias no sentido de fomentar a melhoria do desempenho térmico das edificações brasileiras, já que foram definidos parâmetros para distintos contextos brasileiros caracterizados por diferentes zonas bioclimáticas, (CUNHA, 2009).

No Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas é bastante significativo, correspondendo a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país. Em contrapartida, o potencial de economia de energia desse setor também é expressivo, uma vez que edificações novas construídas de acordo com os padrões instituídos pela Etiquetagem PBE Edifica podem obter uma economia de até 50%, já as edificações existentes que sofrerem grandes reformas, uma economia de até 30% (PROCEL, 2016).

10 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado na cidade de Patos de Minas, no estado de Minas Gerais, situada nas coordenadas geográficas 18°34'44" latitude Sul, 46°31'05" longitude Oeste, com altitude de 832 metros, no Bloco I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

Para atingir os objetivos propostos, primeiramente foram desenvolvidas pesquisas

bibliográficas na busca por referências, estudos de caso e métodos para proceder com toda a análise e cálculos necessários. Foram feitos o levantamento dos dispositivos instalados, seus respectivos consumos e os tempos de uso, o levantamento dos dados da edificação referente à envoltória, iluminação e condicionamento de ar através de visitas *in loco* e projetos disponibilizados pelo professor Marcelo Ferreira Rodrigues. Foram quantificados os equipamentos utilizados, e, após a obtenção de todas as informações necessárias, foram feitos os cálculos de acordo com o Manual de Aplicação RTQ-C.

Foi verificado se as condições de iluminação e condicionamento de ar para a edificação se adequa às necessidades de uso e ocupação de cada ambiente e aos parâmetros estabelecidos pelas qualificações RTQ-C e RAC-C.

Na aplicação do método prescritivo, três sistemas avaliativos foram levados em consideração, sendo a envoltória que representa 30% da avaliação final, o sistema de iluminação que desempenha 30% da nota e o sistema de condicionamento de ar que equivale a 40% do total da classificação da edificação.

Antes de analisar esses sistemas, foram feitas diversas verificações que envolvem o edifício e são definições indispensáveis para esta avaliação em estudo.

11 | RESULTADOS

Com base nos dados coletados, foram feitas análises e obtidos diversos resultados, os quais são descritos a seguir.

Foram propostas intervenções, tais como:

- A substituição de todas as lâmpadas fluorescentes por LED;
- A instalação de sensores de presença;
- A elaboração de campanhas de conscientização de usuários e colaboradores para um uso racional, onde os mesmos ficam responsáveis em não utilizar os dispositivos de iluminação e ar condicionado desnecessariamente.

Para chegar no nível de classificação geral no edifício são atribuídos pesos a cada item avaliado de acordo com o RTQ-C, então utilizou-se os equivalentes numéricos também prescritos no RTQ-C de acordo com o nível atingido em cada item avaliado, o que consta no quadro 1:

Item Avaliado:	Equivalente numérico	Peso atribuído
Envoltória	1,00 (nível E)	30%
Sistema de Iluminação	4,00 (nível B)	30%
Sistema de condicionamento de ar	5,00 (nível A)	40%

Quadro 1 - Equivalente numéricos e peso atribuído a cada componente avaliado

Fonte: Manual RTQ-C (2016).

Por fim, através da equação de Pontuação Total (PT) determinou-se a classificação geral do edifício quanto à sua eficiência energética. O valor obtido para $PT = 3,726$ indica que a edificação se enquadra no nível B segundo a tabela de classificação geral presente no manual.

Esses resultados proporcionam análise geral da eficiência energética, o que possibilita ao UNIPAM solicitar futuramente a avaliação de conformidade juntamente ao PROCEL EDIFICA, de maneira a obter recursos que proporcionem a melhoria da eficiência nos pontos críticos desta edificação e, posteriormente requerer o Selo PROCEL para edificações.

12 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que uma significativa redução no consumo de energia da edificação em estudo pode ser proporcionada pelas propostas feitas por este trabalho. O desenvolvimento das campanhas de conscientização propostas, como palestras ministradas na instituição, as quais tratarão do assunto em questão, visto que é um tema atual e de grande importância para a sociedade como um todo. Outra alternativa relacionada às campanhas de conscientização é a afixação de cartazes em pontos estratégicos onde ocorrem os consumos desnecessários e excessivos. Assim, a economia de energia deve ser um assunto debatido e estudado não só como rentabilidade, mas também como conscientização em relação ao uso dos recursos naturais e crescimento sustentável.

Na análise das plantas em projetos no AutoCAD, nota-se que o executado está em harmonia com o projetado, estando sempre em processos de melhorias contínuas e significativas para o Bloco I e a instituição em geral.

A implantação de todas as propostas de mudanças proporcionará uma economia considerável, sendo o consumo mensal atual médio de 23893,36 KWh e após a implantação das propostas o consumo médio passará a ser de 16346,48 KWh, proporcionando uma diminuição para 68,41% do consumo atual.

Foi calculado a viabilidade financeira de implantação das propostas, sendo que considerando o orçamento menor, o tempo estimado de retorno é de 5,79 meses, ou seja, em seis meses o custo dos dispositivos será coberto pela economia proporcionada.

Diante do exposto conclui-se que a classificação geral do edifício é nível B. A necessidade de intervenção em busca de melhorias deste caso torna-se facultativo, visto que para atingir um nível melhor de eficiência, ou seja, nível A seria necessário a implantação de uma série de projetos mais específicos financeiramente inviáveis e com incertezas quanto ao resultado final.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M.. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 141 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2008.
- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting em Arquitetura: um livro de referência europeu**. Londres: James & James, 1993. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupospesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.
- BOWER, J. – **Compreender Ventilação: Como conceber, seleccionar , e instalar sistemas de ventilação residenciais** - The Healty House Institute, 1995. Disponível em < <http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.
- BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%C2%04.059-2001.html>>. Acesso em: 14 mar. 2016.
- BRASIL. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)**. Portaria 163, de 08 de junho de 2009. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001462.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2016.
- BRASIL. **Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Brasília, 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 14 mar. 2016.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais: Conforme Norma NBR 5410/2004**. 21. ed. São Paulo: Érica, 2011. 422 p.
- CHICHIERCHIO, L. C.; FROTA, A. B. Proposta para Abordagem e Organização do Estudo sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1., 1991, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 1991. p. 17- 25.
- CONNECT PARTS. **Sensores e receptores**. Disponível em: <<http://www.connectparts.com.br/alarmes-e-seguranca/seguranca-residencial/sensores-e-receptores>>. Acesso em: 25 set. 2016.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 428 p.
- DA CUNHA, Eduardo; FRITSCH, Rodrigo. **Verificação da formação de mofo e bolor em superfícies interiores de paredes exteriores situadas na zona bioclimática 3 de acordo com a NBR 15220 e NBR 15575**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2009, Natal, RN. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/acervos/resumo/page/80/codigo_biblio/88182/cod/1>. Acesso em: 14 mar. 2016.

FANGER, P.O.; *et.al.* - **Air Turbulence and Sansation of Draught. Energia e Construção**, 12 (1988) 21-39. Disponível em: <<http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%A4ncia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

FREITAS, Warlos, 2011. NBR 15.575 Norma deve mudar a construção civil brasileira. Disponível em: <<http://usimak.blogspot.com.br/2011/10/nbr-15575-norma-deve-mudar-construcao.html> >. Acesso em: 14 mar. 2016.

ISO 7730 - Ambientes térmicos moderados - Determinação dos índices de PMV e PPD e especificação das condições de conforto térmico. Padrão internacional - Referência número ISO 7730-1994(E). Disponível em: <<http://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%A4ncia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

LAMBERTS, Roberto; CARLO; et. al. **Manual para aplicação do RTQ-C, 2013**. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

MARCAP ENGENHARIA - **Lâmpadas de LED unem economia à sustentabilidade, 2012**. Disponível em: <<http://marcap.com.br/blog/?p=398>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

LINSE – **Laboratório de Inspeção de Eficiência Energética em Edificações (2016)**. Disponível em: <<http://linse-ufpel.com.br/>> Acesso em: 25 mar. 2016.

MANUAL DE APLICAÇÃO DOS REGULAMENTOS: **RTQ-C e RAC-C (2016)**. Disponível em: <<http://pga.pgr.mp.br/documentos/guia-4> > . Acesso em: 21 de maio 2016.

MARCAP ENGENHARIA, 2012. **Lâmpadas de LED unem economia à sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.starledluminarias.com.br/2016/02/lampadas-de-led-unem-economia-a-sustentabilidade/>>. Acesso em: 21 maio 2016.

MASCARÓ, Lúcia R. **Energia na Edificação** – estratégia para minimizar seu consumo. 1985. 136 f.

MATTEDE, Henrique, 2016. **A NBR 5413** – Iluminância de Interiores. Disponível em: <<http://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5413-iluminancia-de-interiores/> >. Acesso em: 14 mar. 2016.

MECATRÔNICA ATUAL. **Sistema de controle na usina de Itaipu**. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/955-sistema-de-controle-na-usina-de-itaipu>>. Acesso em: 21 maio 2016.

MEDEIROS, Heloisa, 2011. **Evolução Verde - Revista Técnica**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/182/artigo285933-1.aspx>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

NETO, Carlos Boabaid, 2009. Área técnica de refrigeração e condicionamento de ar - transferência de calor (TCL). Disponível em: <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/e/ee/TCL_Vol_II_-_Isolamento_Termico.pdf >. Acesso em: abr. 2016.

NEW BUILDINGS INSTITUTE, INC – NBI. **Advanced Lighting guidelines - EDIFÍCIOS NOVOS INSTITUTE, INC - NBI . orientações Avançadas de Iluminação, 2003**. Disponível em: <http://www.newbuildings.org/downloads/ALG_2003.pdf >. Acesso em: 02 mai. 2016.

ONUBR. **Nações Unidas no Brasil**. População Mundial. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acesso em: 24 maio 2016.

PLANETA SUSTENTÁVEL, 2016. Disponível em: < <http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/comparacao-lampadas.shtml> />. Acesso em: 24 maio 2016.

PÉREZ-LOMBARD, L. *et al.* A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. **Energy and Buildings**, - **A revisão dos conceitos de benchmarking , classificação e rotulagem no âmbito da construção de sistemas de certificação energética.** *Energia e Edifícios*, Oxford, v. 41, p. 272-278, 2009.

POGERE, A. **Estudo de Átrios Como Elementos Condutores de Iluminação Natural**, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

PROCEL, **Procel Info**. Edificações. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04}>> Acesso em: 20 mar. 2016.

PROCEL, **Procel Info**. Selo PROCEL. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>> Acesso em: 19 mar. 2016.

PROCELINFO. **A tendência da eficiência energética.** PROCELINFO, 2010. Disponível em:< <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 03 maio 2016.

RAMOS, Greice; LAMBERTS, Roberto. **Relatório Técnico Do Método De Avaliação Do Sistema De Iluminação Do RTQ-C.** Disponível em: <<http://pga.pgr.mpf.mp.br/documentos/guia-4>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

RIBEIRO, André. **Sensor de Presença, Fococélula e Temporizador, 2013.** Disponível em: < <http://dicasdeandreribeiro.blogspot.com.br/2013/11/sensor-de-presenca-fococelula-e.html> > . Acesso em 28 ago. 2016.

ROBBINS, C. L. **Daylighting: Desing and Analysis** – Projeto e Análise. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

ROCHA, Sérgio. Telhados Verdes. *In*: SOUZA, Josiane. (Coord.). **Sustentabilidade nas obras e nos projetos: questões práticas para profissionais e empresas.** São Paulo: Pini, 2012. P. 30.

Sustentabilidade nas obras e nos projetos: questões práticas para profissionais e empresas. São Paulo: Pini, 2012. 107 p.

TOLEDO, E. –**Ventilação natural das habitações**, Edufal, 1999. Disponível em: < ytbvmkhttp://pgquimica.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/117/files/2015/01/A-ventila%C3%A7%C3%A3o-natural-como-estrat%C3%A9gia-visando-proporcionar-conforto-t%C3%A9rmico-e-efici%C3%Aancia-energ%C3%A9tica-no-ambiente-interno-do-RU-UFMS-2004.pdf > . Acesso em: 02 de maio 2016.

QUEIROZ, Gilson. **Sustentabilidade e Eficiência Energética no Ambiente Construído** - Belo Horizonte, 2009. Disponível em <<http://www.creamg.org.br/publicacoes/Cartilha/Sustentabilidade%20e%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20no%20Ambiente%20Constru%C3%ADdo.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

UNICAMP. **Laboratório de Iluminação.** O LED. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>>. Acesso em: 22 maio 2016.

VIANNA, N. E GONÇALVES, J. **Iluminação e arquitetura**, São Paulo: Geros, 2001. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20Natural%20e%20Artificial%20-%20M%C3%A9todos%20e%20Guia%20Pr%C3%A1tico%20Para%20Projeto%20Luminot%C3%A9cnico.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2016.

VIEIRA, Jeann. **Evolução da sustentabilidade na construção civil e dos sistemas de certificação** – SustentArqui, 2014. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/evolucao-da-sustentabilidade-na-construcao-civil-e-dos-sistemas-de-certificacao/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE

Jéssica Beatriz Dantas

Centro Universitário Tiradentes- UNIT
Maceió – AL

Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento

Centro Universitário Tiradentes- UNIT
Maceió – AL

Thayse Farias de Barros

Centro Universitário Tiradentes- UNIT
Maceió- AL

RESUMO: Devido à crise hídrica atualmente enfrentada precisa-se buscar novas alternativas para a geração de energia, uma vez que a Região Nordeste do Brasil vem recebendo energia da região Sul e Centro-Oeste e não há uma produção nos estados dessa região, já que a água, em algumas regiões, é comprometida. Uma solução seria a implantação de usinas solares flutuantes nos reservatórios das hidrelétricas, visto que no exterior os resultados vêm sendo positivos. O objetivo do presente trabalho é apresentar uma solução alternativa para a geração de energia nas usinas hidrelétricas localizadas na região Nordeste do país. De acordo com os resultados obtidos tal alternativa, consegue suprir a carência energética da região Nordeste, com uma área de ocupação das placas solares de aproximadamente 418045,1093 m².

PALAVRAS-CHAVE: Usinas fotovoltaicas flutuantes; Usinas solares em hidrelétricas; Aumento de geração de energia.

ABSTRACT: Due to the current water crisis, there is a need to seek new alternatives for energy generation, since the Northeast Region of Brazil has been receiving energy from the South and Center-West regions and there is no production in the states of this region, since water in some regions, is compromised. One solution would be the implantation of floating solar power plants in the hydropower reservoirs, since the results abroad have been positive. The objective of the present work is to present an alternative solution for the generation of energy in the hydroelectric power plants located in the Northeast region of the country. According to the obtained results, to become superior to a region of the northeast region of the Northeast, with an area of occupation of solar plates of approximately.

KEYWORDS: Floating photovoltaic plants; Solar power plants in hydroelectric plants; Increased power generation.

1 | INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco vem enfrentando uma grave crise hídrica, e por este motivo houve a

necessidade de diminuir a vazão de água liberada nas usinas, afetando a geração de energia. Atualmente a região nordeste está recebendo energia do Sudeste e Centro-Oeste para conseguir atender a demanda local. Hoje o sistema elétrico é interligado e controlado pela ONS (Operador Nacional de Sistemas), a energia gerada nas usinas, independente de sua fonte, é enviada para as redes de transmissão e a ONS é a responsável em realizar a distribuição para todo o país, energia não se acumula, gerou tem que usar, sendo assim todo o investimento em energia é um investimento nacional, como exemplo pode-se citar a hidrelétrica visitada, Xingó. A energia gerada nesta determinada hidrelétrica não abastece apenas os estados de Alagoas e Sergipe, mas sim vários estados do país e isso se aplica a todas as outras usinas geradoras de energia.

Pesquisas vêm sendo realizadas a fim de aumentar a geração de energia sem haver a necessidade de construção de mais hidrelétricas, um método que já começou a ser utilizado em alguns países e recentemente foi implantado no Brasil, mais precisamente no estado de São Paulo, é a implantação de usinas fotovoltaicas no reservatório de hidrelétricas. Este método aproveita as áreas alagadas dos reservatórios e lagos das hidrelétricas para a instalação do sistema flutuante, onde é composto por placas fotovoltaicas instaladas em flutuadores compartilhando a estrutura já existente das linhas de transmissão.

“A aplicabilidade dessa tecnologia no Brasil se mostra extremamente favorável face ao grande número de represas que se estendem por todo o território nacional, à enorme extensão de seus lençóis d’água e à disponibilidade de linhas de transmissão que lhe estão adjacentes, além de não demandar ocupação de novos espaços. Frisa-se a vantagem da utilização das linhas de transmissão disponíveis, pois, como amplamente noticiado, vários conjuntos eólicos construídos no país permanecem inoperantes, embora com os aerogeradores, por falta dessas linhas, cujas construções esbarram na dificuldade em conseguir os terrenos necessários às suas instalações e até em autorizações ambientais” (NETTO, 2016).

Fontes, 2016 explica que:

“A agência de preservação dos Estados Unidos estima que 1 bilhão de metros cúbicos de água, quase 6% da corrente do rio Colorado, é evaporada da superfície do lago Mead durante o ano pelo sol forte. As perdas do lago Powell estão entre 1,06 bilhões de metros cúbicos, por evaporação e infiltração no lençol. Como os sistemas flutuantes podem reduzir a evaporação em climas secos em até 90%, cobrir partes desses dois corpos d’água com painéis solares pode resultar em significantes economias de água”.

Com base no exemplo acima explicado por Fontes, consegue-se perceber que o sistema ajudaria a controlar o nível dos reservatórios nos períodos de estiagem, pois o sombreamento causado pelas placas diminuiria a evaporação, evitando assim o comprometimento no abastecimento de água, “outros impactos ainda necessitam de estudos, como, por exemplo, o que pode acarretar para a oxigenação da água, as consequências para os microrganismos, peixes pequenos e cadeia alimentar” (BUZATTO, 2016).

A usina hidrelétrica de Xingó não possui reservatório, pois se trata de uma usina

fio d'água (Não possui reservatório de água), a água liberada pela UHE de Sobradinho é quem controla o lago formado em Xingó, logo neste caso, a usina solar não poderia ser instalada em tal UHE, já no caso de Sobradinho, Luiz Gonzaga (Itaparica), Paulo Afonso e Moxotó, que possuem reservatório, a usina fotovoltaica poderia ser implantada sem problemas.

“De acordo com a pesquisa da matemática Karina Maretti Strangueto, no Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da Unicamp, é possível aumentar em pelo menos 70% a geração energética brasileira usando apenas 8% da área total dos reservatórios hidrelétricos. Seria um ganho de 444.333 GWh anualmente. Caso esse cenário acontecesse, não seria necessário construir mais nenhuma hidrelétrica. Os cálculos foram baseados no consumo de energia elétrica no Brasil em 2014, que chegou a 624.254 GWh” (BUZATTO, 2016).

O efeito fotovoltaico consiste na transformação de energia luminosa em energia elétrica a partir de células fabricadas com materiais semicondutores. Pinho; Galdino explicam quais são os materiais semicondutores:

“As principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: Silício Monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado, por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível. A segunda geração, comercialmente denominada de filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira e tem uma modesta participação no mercado, competindo com a tecnologia c-Si3. Existem dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio, sua toxicidade, que retardam a utilização em maior escala. A terceira geração, ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento (P&D), testes e produção em pequena escala, é dividida em cadeias produtivas: célula fotovoltaica multijunção e célula fotovoltaica para concentração (CPV-Concentrated 6Y TGB Photovoltaics), células sensibilizadas por corante (DSSC- Dyesensitized solar cell) e células orgânicas ou poliméricas (OPV- Organic Photovoltaics). A tecnologia CPV, por exemplo, demonstrou ter um potencial para produção de módulos com altas eficiências, embora o seu custo ainda não seja competitivo com as tecnologias que atualmente dominam o mercado” (PINHO; GALDINO, 2014).

A quantidade de energia gerada depende diretamente da quantidade de energia solar que incide sobre a região e a área com painéis instalados.

“A primeira usina fotovoltaica flutuante do Brasil está sediada no estado de São Paulo, na cidade de Rosana, situada a 755 km da capital paulistana, a unidade utiliza a tecnologia de placas flexíveis e rígidas em sistema flutuante, gerando de 101.522 kWh. Isso é suficiente para abastecer mais de mil casas, cujo consumo mensal chegue a 100 kWh” (GOVERNO DE ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

O governo do estado de São Paulo explica ainda que:

“O projeto foi iniciado em maio de 2014, e consiste na instalação de duas plantas com painéis solares rígidos de 250 kW em terra e 25 kW em sistema flutuante, além de outras duas plantas com painéis solares flexíveis com 250 kW em terra e 25 kW em sistemas flutuantes. Também foram instalados 100 painéis rígidos flutuantes de 250 watts cada um e 180 flexíveis flutuantes de 144 watts cada. A área ocupada pelas placas flutuantes é de aproximadamente 500m². O reservatório possui 2.250 km². O projeto recebeu investimento de R\$23 milhões da Companhia Energética de

Todo sistema tem vantagens e desvantagens, principalmente se instalados no meio ambiente. No caso da usina solar, além do alto investimento inicial para aquisição das placas fotovoltaicas, “Pesam os custos dos painéis, dos suportes e dos inversores responsáveis pela conversão da corrente contínua em alternada, utilizada na rede de transmissão. Além do que a energia apenas pode ser gerada em parte do dia” (NETTO,2016).

De acordo com Netto, uma forma de contornar a problemática exposta acima é:

“As empresas produtoras de energia elétrica deveriam partir para instalações de pequeno porte para aprender a manusear o sistema e dimensionar seu potencial. Essas iniciativas levariam progressivamente ao aumento da demanda por equipamentos e possibilitaria maior consumo de painéis e o desenvolvimento de empresas brasileiras que fabriquem flutuadores e inversores, o que levaria ao barateamento das instalações” (NETTO, 2016).

Outro problema são os possíveis impactos ambientais, pois ainda não se sabe ao certo o que vai acontecer com os peixes, oxigenação da água e microrganismos “A região de sombra pode contribuir para diminuição de aguapés e outras plantas aquáticas que, ao morrerem, vão ao fundo dos reservatórios e sofrem biodigestão, produzindo ácido sulfídrico que provoca corrosão nas turbinas. Mas tudo isso precisa ser estudado e verificado através do acompanhamento de sistemas montados, pois teoricamente é difícil fazer previsões seguras”.

“Há desequilíbrios que são imprevisíveis. Na usina de Balbina, a quantidade de peixes menores reduziu-se bastante devido à ação dos peixes predadores, que passaram a caçar em águas paradas. O desequilíbrio levou ao desenfreado aumento de tucunarés, hoje encontrados para consumo até no Sudeste, e aumentou a população de larvas de mosquito, que serviam de alimentos aos peixes pequenos. É grande o número de casos insólitos, impossíveis de serem previstos, ligados a alterações no meio ambiente” (NETTO, 2016).

Em pesquisa realizada pela FEM (Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp) concluiu-se que utilizando apenas 8% da área total do reservatório é possível aumentar em pelo menos 70% a geração de energia no país sem a necessidade de construção de novas hidrelétricas. Esses problemas podem ser contornados ou até mesmo solucionados no futuro com o desenvolvimento de novas pesquisas aprimorando a devida técnica, pois como se trata de um sistema novo é normal que ainda não haja respostas para algumas dificuldades encontradas no meio do caminho.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho inicialmente houve a necessidade de realizar estudos bibliográficos pertinentes ao assunto abordado, seguido de pesquisas in loco, na Usina Hidrelétrica de Xingó, se pôde assim entender melhor como funciona a geração de energia não apenas na região Nordeste, mas no país.

Para o dimensionamento de projeto primeiro calcula-se a eficiência de um painel

solar. O portal solar (2015) explica que para calcular a eficiência de um painel solar é necessário saber altura e largura exata da placa, como também a potência. Dessa forma, para o nosso cálculo consideramos um painel solar de 270 Watts de potência, com altura de 1,658m e largura de 0,99, (área de 1,6414 m²).

2.1 O cálculo para a determinação do rendimento de um painel solar que a empresa citada acima utiliza é seguindo a equação:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{corrente máxima} \times \text{tensão máxima}}{\text{irradiância solar} \times \text{área do painel}} \times 100 \quad (1)$$

Logo:

$$\frac{270}{1000 \times 1,64142} = 0,1644 \times 100 = 16,44\% \quad (2)$$

Obs 1: A empresa em questão cita que a irradiância é de 100 W/m². As variáveis corrente e tensão no divisor da equação faz referência a potência da placa, e células fotovoltaicas a 25°C.

2.2 Média do consumo por mês dos últimos 12 meses

Abaixo apresenta-se um gráfico da ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), o qual apresenta o consumo energético mensal do Nordeste durante o período de 12 meses, sendo estes, de janeiro de 2017 a dezembro de 2017, onde a partir dos valores demonstrados no gráfico obtém-se a média anual.

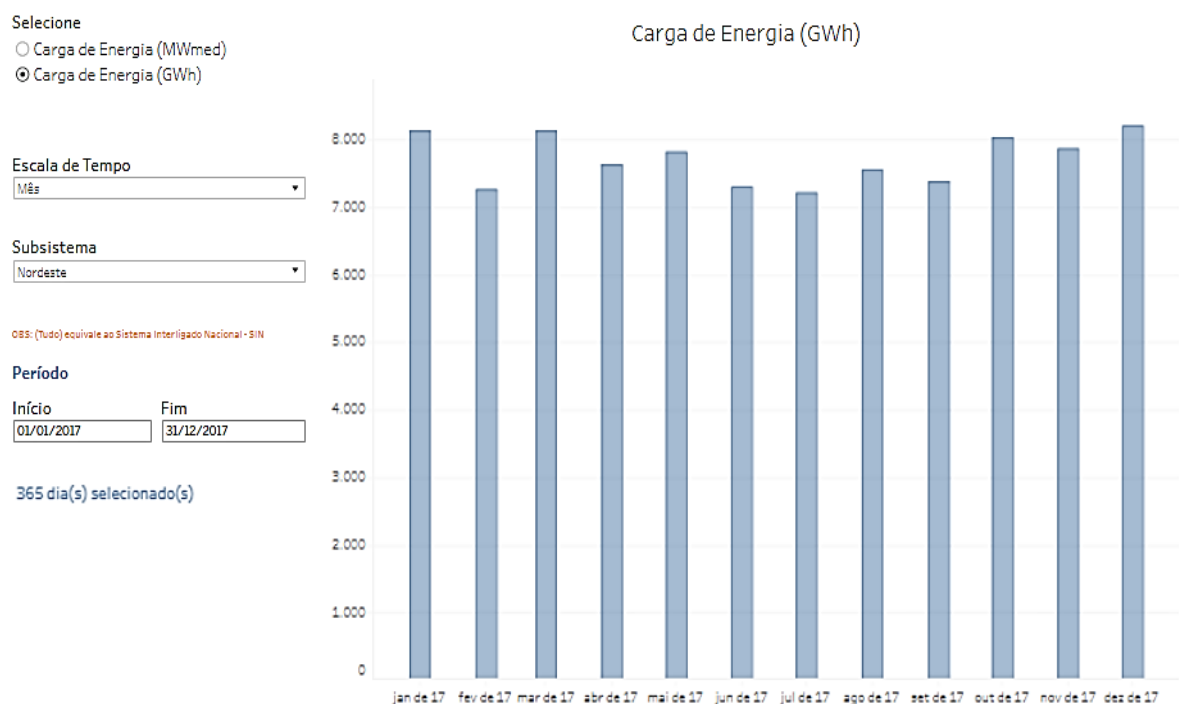


Figura 1 - Gráfico do Consumo por mês entre janeiro de 2017 e dezembro de 2017. (Fonte: ONS- Operador Nacional do Sistema elétrico)

Média de 774166667 kWh.

2.3 Informações básicas para dimensionamento

- Índice Solarimétrico= 5,9 kWh/m²/ dia (Strangueto, 2016).
- Consumo médio referente aos últimos 12 meses = 7741666667 kWh/ mês;
- Dias do mês considerados = 30 dias;
- Inferência padrão (perdas na geração e transmissão de potência) = 83,56%.

2.4 Transformando o dimensional (kWh/mês) para (Wh x mês)

$$741\ 666\ 667\ \text{kWh/mês} \rightarrow 7\ 741\ 666\ 667\ 000\ \text{Wh/mês} \quad (3)$$

2.5 Transformação do consumo médio em um mês para consumo médio em um dia

$$7416\ 667\ 000\ \text{Wh} \div 30 = 2,580 \times 10^{11}\ \text{Wh/dia} \quad (4)$$

2.6 Potência de placa necessária

O consumo médio em um dia é de $2,580 \times 10^{11}$ Watts, então, a quantidade de placas solares será necessária para suprir a demanda energética de um lugar com índice de 5,9 será de:

$$2,580 \div 5,9 = 4,37 \times 10^{10}\ \text{Watts} \quad (5)$$

Sabendo que a eficiência da placa ao qual foi exemplificado no presente trabalho é de 16,44%, este valor faz referência aos 100% de aproveitamento da placa (16,44% = 100% de aproveitamento). O painel solar nem sempre terá seu potencial máximo, pois os dias não são sempre ensolarados e a incidência de raios solares não são iguais aos dias ensolarados. Dessa forma não se pode considerar que a eficiência do sistema seja de 100% por conta dessas variáveis. Então, a eficiência do sistema considerada nesse trabalho é de 83,56% da inferência padrão- perdas na geração e transmissão de potência).

- Considerando a eficiência do sistema de 83,56%:

$$2,580 \times 0,8356 = 5,234 \times 10^{10}\ \text{Watts} \quad (6)$$

- Definição da quantidade de placas necessárias considerando que estas sejam de 270 Watts

$$5,234 \times 10^{10} \div 270 = 193\,864\,819,9 \text{ placas de } 270 \text{ Watts} \quad (7)$$

- Considerando que as placas possuem 1,658 m de altura e 0,99 m de largura, então cada placa possui 1,64142 m², logo:

$$193\,864\,819,9 \text{ placas} \times 1,64142 \text{ m}^2 = 318\,213\,592,7 \text{ m}^2 \text{ ou } 318,2136 \text{ km}^2 \quad (8)$$

Logo, para suprir a demanda do Nordeste com consumo de energia a ocupação com placas fotovoltaicas na barragem seria de 318,2136 km² (isso desconsiderando os outros tipos de fontes de energia).

Dessa forma, para suprir a demanda total de energia da região Nordeste precisaria-se de uma área de 318213593,7 m² = 318,2136 km², o que é aproximadamente a área da cidade de Rio Largo, que possui 309 km².

O Nordeste possui uma geração aproximada de 6962 MW e consome 8 68505 MW, sendo necessário receber dos outros estados 1723,08 MW de energia, logo:

- Transformando o dimensional (MWh/mês para Wh/mês)

$$1723,8 \text{ MW/h} \rightarrow 1723800000 \text{ Wh}$$

Logo,

$$172380000 \text{ Wh} \div 30 = 57460000 \text{ Wh/dia} \quad (9)$$

Quantidades de placas necessárias para suprir a carência energética do Nordeste em energia (ou seja, a energia recebida de outros estados = 1723,8 MW/h).

- Potência de placas necessária

$$57\,460\,000 \div 5,9 = 9\,738\,983,051 \text{ Watts} \quad (10)$$

- Considerando a eficiência de 83,56% (checar obs2, cuidado para não confundir com os 83,56% da inferência padrão)

$$57\,460\,000 \div 0,8356 = 68\,764\,959,31 \text{ placas de } 270 \text{ Watts} \quad (11)$$

- Sabendo que a área das placas consideradas neste trabalho é de 1,64142 m²

$$254685,0345 \text{ placas de } 270 \text{ W} \times 1,64142 \text{ m}^2 = 418045,109 \text{ m}^2 \text{ ou } 0,42 \text{ Km}^2 \quad (12)$$

Ou seja, ocupando apenas 8,75% do reservatório da UHE de Paulo Afonso I o Nordeste se torna autossuficiente em energia, pois a quantidade de energia gerada das outras unidades geradoras da qual já possuímos torna-se suficiente para suprir o consumo de energia do Nordeste.

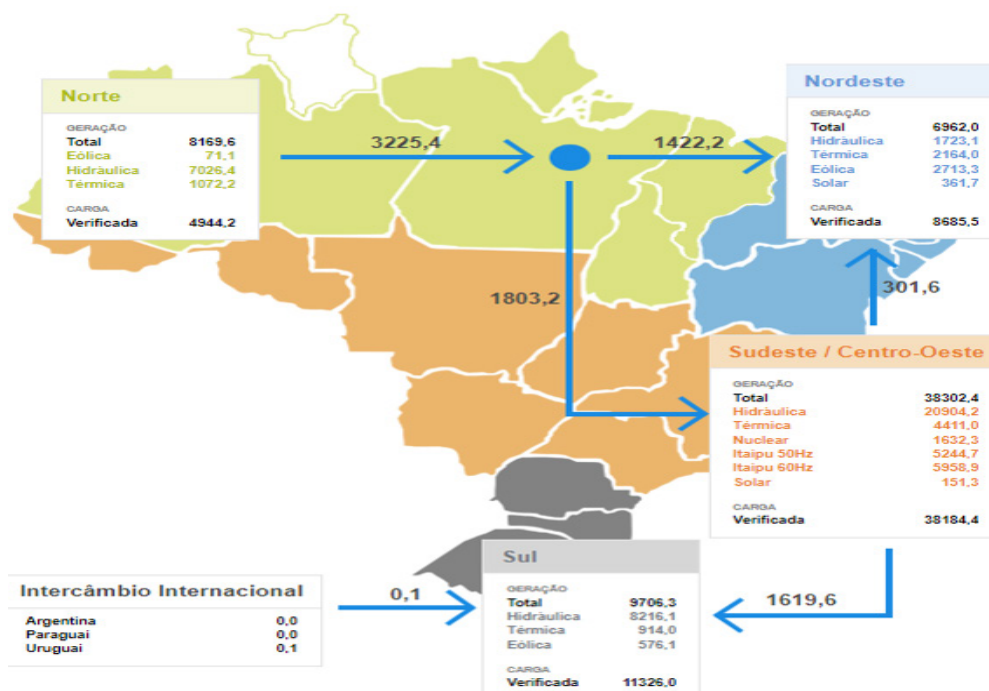


Figura 2 – Mostra do balanço de consumo e geração de energia em MW (Fonte: ONS- Operador Nacional do sistema elétrico)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho traz a proposta de construir Usinas solares em reservatórios de hidrelétricas para aumentar a geração de energia no Nordeste do país, para tal fez-se necessário a implantação de placas fotovoltaicas sob flutuadores. Logo para este trabalho propõe-se a placa de silício policristalino “Nesse tipo de painel as células são formadas por diversos cristais. Também contém silício em sua composição, mas sua produção é feita a partir da fundição dos cristais do elemento em blocos, proporcionando a formação de inúmeros cristais. O custo de sua fabricação é inferior ao do painel monocristalino, pois isso decorre da menor quantidade de energia requerida para sua criação, consequentemente há um barateamento desse tipo de painel. Sua forma é quadrada, com as células fatiadas em formato retangular. No quesito eficiência, o painel policristalino fica em segundo lugar, com cerca de 13% a 16%. Desta forma, é uma das tecnologias mais vantajosas e adotadas por novos usuários, trazendo rentabilidade na relação custo-benefício. Além disso, compartilha da mesma vida útil do painel monocristalino, 25 a 30 anos” (Enel Soluções, 2016).

“Os painéis policristalinos são ideais para instalações com área horizontal quase ilimitada, eles também são uma boa opção para os proprietários que procuram minimizar os custos de instalação inicial. Por outro lado, os painéis monocristalinos são ideais para telhados menores ou propriedades com limitação de espaço, como a tecnologia monocristalino produz células de eficiência mais elevada de modo a obter mais poder de geração de energia para a mesma área de superfície. Painéis monocristalinos também apresentam um coeficiente de temperatura mais baixo, o que significa que os painéis tendem a ficar mais quente do que o normal,

superando os seus homólogos policristalinos" (SANTOS, 2015).

De acordo com os cálculos realizados descobriu-se que para suprir 100% da demanda energética do Nordeste precisaria de uma área de 318,2136 km² coberta com placas solares (2540685,0345 placas de 270 W), o que seria aproximadamente a área da cidade de Rio Largo – Localizada em Alagoas (que possui 309 km²), sabendo que a região Nordeste possui uma área de 1.558.000 km², a área que seria ocupada por painéis solares seria de apenas 2% do território nordestino. Mas como já há usinas geradoras de energia, sendo em sua maioria usinas hidrelétricas, ao invés de causar desmatamentos em larga escala para instalar uma usina solar se pode aproveitar uma grande área horizontal, que já se encontra ocupada e nesta mesma área instalar os painéis solares, construindo uma usina solar. Observa-se, portanto, outro ponto relevante, a área necessária para ser ocupada pelas placas seria bem menor que 318,2136 km² pois de acordo com a Fig. 1 apresentada anteriormente (dados obtidos pela ONS), existe um déficit de 1723,8 MW de energia na região em questão. Sendo assim, para que o Nordeste se torne autossuficiente em energia precisar-se-ia gerar apenas tal quantidade a mais de energia, para gerar tamanha quantidade faz-se necessário uma área de 418045,1093 m², o equivalente a 0,42 km², então ocupando apenas 8,75% do reservatório de apenas uma usina hidrelétrica (Paulo Afonso I) o Nordeste já se tornaria autossuficiente em energia.

Sabe-se que a região em questão possui 15 hidrelétricas, que são: Paulo Afonso I, II, III e IV, Sobradinho, Apolônio Sales, Boa Esperança I e II, Funil, Pedra, Araras, Curemas, Piloto e Luiz Gonzaga. Se forem utilizados apenas as 7 principais usinas hidroelétricas e forem ocupadas 8,75% do reservatório de cada uma delas a quantidade de energia obtida iria ser muito maior do que o país todo realmente utiliza. Dessa forma o Brasil poderia chegar a exportar energia, como mostra o quadro. 1.

Geração de energia usando placas solares em 8,75% do reservatório				
UHE's	Área do reservatório	Área de 8,75% do reservatório	Quantidade de placas solares de 270W	Geração de energia em MWh/mês
Paulo Afonso I	4,8 km ²	0,42 km ²	254 685, 0345	1 723,8
Paulo Afonso II	4,8 km ²	0,42 km ²	255 685, 0345	1 723,8
Paulo Afonso III	4,8 km ²	0,42 km ²	256 685, 0345	1 723,8
Paulo Afonso IV	4,8 km ²	0,42 km ²	257 685, 0345	1 723,8
Apolônio Sales	98 km ²	8,575 km ²	5 224 135,2	35 194,25
Sobradinho	4.214 km ²	368,725 km ²	224 637 813,6	1 513 352,75
Luiz Gonzaga (Itaparica)	828 km ²	72,45 km ²	44 138 611 ,64	297 355,5
TOTAL				1 852 797,7

Quadro 1: Geração de energia solar utilizando apenas 8,75% da área dos reservatórios listados

Fonte: Autor, 2018

Outro aspecto bastante relevante que também deve ser levado em consideração no projeto é a relação entre a inclinação dos painéis, tal inclinação ocasiona uma melhor incidência da luz sobre a superfície do painel fotovoltaico, recomenda-se ainda que a inclinação seja aproximada a latitude do local, como também que todas as placas sejam colocadas de forma alinhada e com as faces voltadas para o norte (no caso do Brasil). Essa inclinação acarreta um sombreamento, dessa forma deve-se haver um certo distanciamento entre uma placa e outra (Strangueto, 2016).

4 | CONCLUSÕES

Diante dos fatos mencionados, é notável o potencial de tal produção de energia através de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatório. Uma vez implantada tal técnica na Região Nordeste do Brasil, onde existe predominância do clima tropical, se mostra uma alternativa eficaz para a independência energética do Nordeste, assim como possível solução para os problemas com a geração de energia travados pela crise hídrica. Os resultados obtidos nos mostram que tal sistema, além de solucionar tais problemas citados, ainda torna possível a hipótese do país se tornar exportador de energia, trazendo assim um crescimento no desenvolvimento e uma melhoria no estado econômico do mesmo.

Dessa forma ratifica-se que para auxiliar a aplicabilidade do sistema fotovoltaico, é necessário um estudo mais elaborado das incertezas sobre o impacto ambiental, pois sabendo-se que o sombreamento das placas diminui a evaporação da água, não se sabe ao certo se a mesma pode ou não acarretar consequências na vegetação ou até mesmo na cadeia alimentar, precisaria de estudos futuros para desenvolver tal hipótese. A grande viabilidade do método abordado nas entrelinhas do presente trabalho foi muito satisfatória, percebendo que era somente necessário ocupar 8% da usina de Paulo Afonso I para suprir a demanda de energia que era fornecida para o Nordeste, mostrando que economicamente, a longo prazo, é viável e de grande riqueza para tal região.

REFERÊNCIAS

NETTO, Carmo Gallo. **Tese analisa viabilidade de energia solar flutuante**: Estudo avalia prós e contras de instalação de painéis em represas de usinas hidrelétricas. Jornal da Unicamp. Campinas, 01 de agosto de 2016 a 08 de agosto de 2016- Ano 2016- Nº 663

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **São Paulo abriga a primeira usina solar flutuante do país: Unidade funciona há um mês e produz energia capaz de abastecer mais de mil casas com consumo de 100 KW/h**, 2016. Fonte: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia2.php?id=247880&c=5349&q=sao-paulo-abrigaprimeira-usina-solar-flutuante-do-brasil>. Acesso em: 17 de outubro de 2016.

BUZATTO, Victor Hugo. **Pesquisa da Unicamp aponta potencial de geração das usinas flutuantes**, 2016. Disponível em: <http://www.sunvoltenergia.com.br/pesquisa-da-unicampaponta-potencial-de-geracao-das-usinas-fotovoltaicas-flutuantes-em-reservatorios/>. Acesso

em: 17 de outubro de 2016.

FONTES, Ruy. **Usinas solares flutuantes são uma vantajosa solução energética para os lagos americanos atingidos pela estiagem**, 2016. Disponível em: <http://bluesol.com.br/usinas-solaresflutuantes-sao-uma-vantajosa-solucao-energetica-para-os-lagos-americanos-atingidos-pelaestiagem/>. Acesso em: 18 de outubro de 2016.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**, Grupo de Trabalho de energia solar- GTES. Editora CEPTEL- CRESESB. Edição Revisada e atualizada. Rio de Janeiro- Março- 2014.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil: Situações e Perspectivas**, 2017. Câmara dos Deputados.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Balanco de energia**, 2018. Disponível em: <http://ons.org.br/pt/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: fevereiro de 2018.

STRANGUETO, K. M. **Estimativa do potencial brasileiro de produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatórios de Hidrelétricas**, 2016. Tese de Doutorado apresentada à faculdade de engenharia mecânica de Campinas.

ENEL SOLUÇÕES. **Tudo sobre energia: Painéis Fotovoltaicos policristalino e monocristalino**, 2016. Disponível em: <https://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/04/tudo-sobre-energia-paineisfotovoltaicos-monocristalino-e-policristalino/>. Acesso em: fevereiro de 2018.

SANTOS, A. **Painel solar: Qual a melhor escolha?**, 2015. Disponível em: <http://energiatecsolar.com.br/painel-solar-qual-a-melhor-escolha/#comments>. Acesso em: fevereiro de 2018.

PORTAL SOLAR. **Tudo sobre a eficiência do painel solar**, 2015. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>. Acesso em: 02/ 2018.

CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS

José Waltrudes Castanheira Pereira

Universidade Federal Fluminense – Rio de Janeiro

Márcio Cataldi

Universidade Federal Fluminense – Rio de Janeiro

RESUMO: A energia solar fotovoltaica surge como uma alternativa promissora para a geração de energia limpa para regiões e países com alto potencial de irradiação solar e pouco aproveitamento desta fonte, o Brasil por exemplo. Sendo assim, o trabalho trata do assunto energia solar, apontando uma tecnologia da nova geração fotovoltaica chamada de Célula Solar Sensibilizada por Corante (CSSC). A CSSC é uma tecnologia de fabricação de baixo custo em comparação com células solares de silício que são maioria no mercado fotovoltaico. O seu funcionamento é comparado com a fotossíntese, em que as plantas retiram energia do sol, só que na célula, esta energia é convertida em eletricidade. Com isso, o objetivo deste trabalho foi construir células solares sensibilizadas por corantes naturais, demonstrando os testes de geração de tensão para cada tipo de corante. Os corantes utilizados foram o açaí em pó, o mirtilo triturado e a clorofila em pó. Realizou-se duas montagens diferentes nas células, a segunda montagem foi

feita para corrigir erros da primeira montagem como a falta de contatos elétricos estáveis nas células, possibilitando a avaliação da célula com uma combinação de corantes. Apesar de algumas adversidades encontradas no decorrer da confecção das CSSC, todas as células geraram energia na ordem de mV e a célula de clorofila atingiu o maior pico, gerando 258 mV.

PALAVRAS-CHAVE: energia solar; baixo custo; montagem e testes.

ABSTRACT: Photovoltaic solar energy emerges as a promising alternative clean energy generation for regions and countries with high solar irradiation potential and little use of this source, Brazil for example. Therefore, the paper deals with the subject solar energy, pointing to a technology of the new photovoltaic generation called Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). DSSC is a low-cost manufacturing technology compared to silicon solar cells that are the majority in the photovoltaic market. Its operation is compared to photosynthesis in which plants take energy from the sun, but in the cell this energy is converted into electricity. With this, the objective of this study was to construct solar cells sensitized by natural dyes, demonstrating the tests of tension generation for each type of dye. The dyes used were açai powder, crushed blueberry and chlorophyll powder. Two different assemblies were performed in the cells, the

second assembly was done to correct errors of the first assembly as the lack of stable electrical contacts in the cells, allowing the evaluation of the cell with a combination of dyes. Despite some adversities found during the preparation of CSSC, all the cells generated energy in the order of mV and the chlorophyll cell reached the highest peak, generating 258 mV.

KEYWORDS: solar energy; low cost; assembly and testing.

1 | INTRODUÇÃO

Recentemente, o crescimento de fontes de energia alternativas, como a energia solar e eólica, tem recebido cada vez mais destaque. Os impactos ambientais gerados por fontes de energia não renováveis, aumentam a preocupação com o efeito estufa e como ficará o mundo para as futuras gerações. No ano de 2013, cerca de 80% de toda energia produzida foi proveniente da queima de combustíveis fósseis, considerados os vilões causadores do efeito estufa (SONAI et al., 2015). A dependência dessas fontes poluentes vem sendo reduzidas, nos últimos anos, graças ao aumento da utilização de fontes renováveis.

A redução de custos dos sistemas fotovoltaicos e a crescente necessidade de fornecimento de energia sustentável coloca a tecnologia fotovoltaica a de mais rápido crescimento no ramo de energia (GÖRIG; BREYER, 2016). E para as regiões com uma irradiação global relativamente bem distribuída, com o Brasil, a energia solar fotovoltaica surge como uma alternativa promissora para geração de energia limpa. Porém, a representação da energia solar na matriz energética mundial é ainda muito pequena, cerca de 1% – no Brasil, representa apenas 0,01% do total. Segundo a Agência Internacional de Energia, a geração fotovoltaica de todas as usinas do mundo atingiu 67 gigawatts (GW) em 2011 (VASCONCELOS, 2013). E a maioria das células fotovoltaicas comercializadas são de silício monocristalino e policristalino, que possuem elevado custo. Desta forma, a baixa representação do mercado fotovoltaico é justificada pelo seu alto custo de fabricação, representando um obstáculo para a popularização desta fonte de energia. Para solucionar este problema, as células solares sensibilizadas por corantes surgem como uma alternativa interessante para a produção de módulos solares de baixo custo (SONAI et al., 2015). Esse tipo de célula faz parte da terceira geração fotovoltaica, também conhecida na literatura como fotovoltaicas emergentes (MARTINSON, 2008), e está sendo desenvolvida em universidades e empresas. Seguindo esta tendência, o trabalho teve o intuito de montar e testar a eficiência de células solares sensibilizadas por corantes naturais, que são consideradas uma linha inovadora de célula fotovoltaica com baixo custo de produção.

2 | CÉLULA SOLAR SENSIBILIZADA POR CORANTES NATURAIS

Embora seja uma tecnologia relativamente antiga, a produção de energia por células fotovoltaicas ainda não conseguiu uma grande expansão comercial devido ao elevado preço de implantação do sistema (BRAGA, 2008). Considerando esse cenário sócio econômico, existe a necessidade de se buscar novas tecnologias para a produção de células fotovoltaicas a custos mais acessíveis, viabilizando assim sua execução. A questão da preservação do meio ambiente também é outra vantagem da energia solar em relação a outras fontes energéticas. As células solares sensibilizadas por corantes naturais surgem como uma excelente solução para resolver o problema do custo que as células fotovoltaicas enfrentam, nos dias de hoje, no mercado.

A vantagem das células solares sensibilizadas com corantes (CSSCs) é que elas podem ser produzidas a baixo custo, isto é, potencialmente inferiores a 0,5 US \$ / pico Watt de acordo com projeções industriais. A CSSC não requer os passos de purificação de alto vácuo e materiais caros e intensivos em energia que são atualmente empregados na fabricação de todas as outras células solares de película fina. O baixo custo e a facilidade de produção de uma nova célula são motivos para aplicações em larga escala. Os materiais usados para fazer CSSCs são abundantemente disponíveis para que a tecnologia chegue até a escala terawatt sem correr riscos com fornecimento de matéria-prima (GRATZEL, 2009).

Essas células solares apresentam valores de eficiência de até 10% em sua configuração clássica. Para os módulos solares, cuja área ativa é muito maior que as células solares individuais, o maior valor de eficiência certificado obtido até então é de 8,9%, fabricados pela SHARP, mas estes ainda não são comercializados (SONAI et al., 2015).

2.1 Funcionamento

O princípio básico de funcionamento de uma célula solar sensibilizada por corante é similar ao processo de conversão de energia realizado pelas plantas na fotossíntese, que tem operado em plantas e organismos verdes por 3,5 bilhões de anos. Na folha verde, as moléculas de clorofila absorvem a luz solar e geram cargas elétricas, que não são coletadas como corrente elétrica. Em vez disso, elas são convertidas por reações redox no nível da membrana para gerar oxigênio da água e reduzir dióxido de carbono para carboidratos. Usando este princípio da fotossíntese natural, a célula solar sensibilizada por corantes absorve a luz que é utilizada para a produção de eletricidade (GRATZEL, 2009). Portanto, esta estrutura difere das células solares de silício que são encontradas no mercado e seu princípio de funcionamento é um pouco diferente das células solares típicas da junção p-n. A principal diferença é que, nos CSSCs, o elemento responsável pela absorção da luz, o corante, é separado do elemento responsável pelo transporte de carga que é o TiO_2 . Em células solares baseadas no tradicional silício p-n, o silício fornece duas funções que atuam como

captadores de fótons e fornecem o campo elétrico para a separação de cargas e a realização de uma corrente (MATEUSZ MICHAŁ AUGUSTYNIAK, 2016).

A célula é constituída basicamente por um eletrodo negativo, um eletrodo positivo e um eletrólito líquido ou gel entre os eletrodos, como mostra a Figura 1.

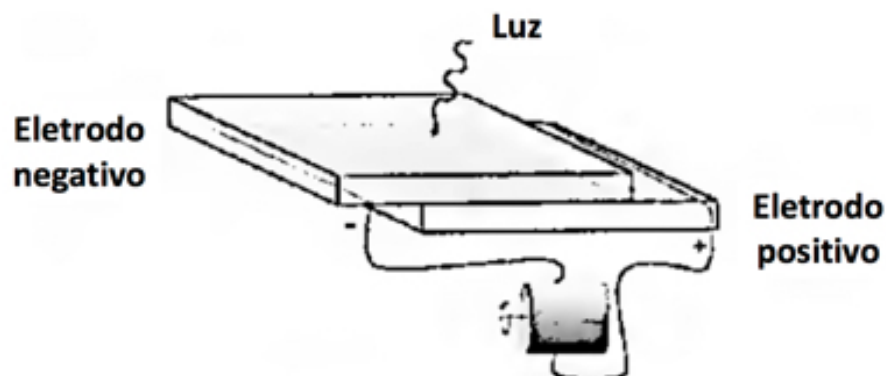


Figura 1. Célula solar sensibilizada por corante.

Fonte: Adaptado de LUCAS, 2004

O eletrodo negativo é preparado a partir da deposição de uma camada de TiO_2 (semicondutor) sob um substrato de vidro condutor transparente, o qual contém óxido de índio dopado com estanho (*Indium doped Tin Oxide - ITO*). Este filme de TiO_2 é então sensibilizado com um corante natural, onde nesse estudo foram utilizados o açaí, a clorofila e o mirtilo, que têm a capacidade de absorver a radiação solar. E depois é colocado o eletrólito líquido de KNO_3 no eletrodo negativo. O eletrodo positivo é preparado através da deposição de grafite 6B na superfície de um substrato de vidro condutor. Os eletrodos são então unidos e selados. A colocação do eletrólito líquido também pode ser feita depois da união das placas, ele pode ser inserido, por capilaridade, na pasta de TiO_2 (SONAI et al., 2015).

Quando a célula solar sensibilizada por corante natural é irradiada com luz visível, moléculas do corante absorvem essa radiação e passam a um estado excitado. Essas moléculas excitadas injetam elétrons na banda de condução do semicondutor TiO_2 , ficando num estado oxidado. Por outro lado, o eletrólito transmite elétrons ao corante, regenerando-o. O eletrólito, por sua vez, recebe elétrons provenientes do circuito exterior, através do eletrodo positivo e reduz-se, processo este, onde a camada de grafite funciona como catalisador. Dessa maneira, o ciclo que é alimentado pela energia solar é completado (LUCAS, 2004). Este ciclo da CSSC pode ser visto na Figura 2.

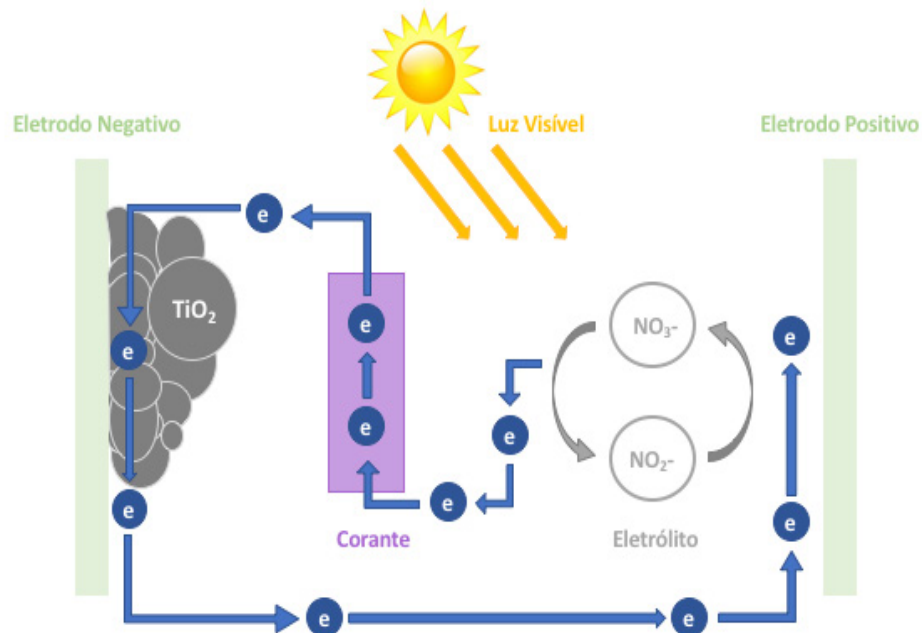


Figura 2. Esquema de funcionamento das células solares sensibilizadas por corante.

2.2 Principais materiais usados

Os principais materiais usados neste estudo foram: as placas de vidro de ITO, Dióxido de Titânio (TiO_2), Nitrato de Potássio (KNO_3), Grafite (lápiz 6B) e os corantes (açai, clorofila e mirtilo).

I. Placas de Vidro de ITO

Para se tornar um vidro condutor transparente, o material deve ser dopado, para assim produzir o deslocamento. Dos óxidos condutores transparentes (TCOs), óxido de índio dopado com estanho (ITO) é o mais utilizado (BAYONA, 2012).

II. Dióxido de Titânio (TiO_2)

O TiO_2 é semicondutor transparente não tóxico, possui uma banda proibida (*band gap*) de energia larga (3 eV), possui uma satisfatória fotoestabilidade e é um material de baixo custo. Ele é um polimorfo, ou seja, possui mais de uma forma na natureza. Rutilo (tetragonal), anatase (tetragonal) e bruquita (ortorrômbica) são as três formas cristalinas mais frequentes na natureza. As formas possuem propriedades físicas e químicas diferentes, devido às diferenças nas células unitárias, ou seja, no fator de empacotamento atômico em cada caso. O rutilo é termodinamicamente mais estável, mas, os métodos de preparação em solução favorecem a anatase. Estas considerações influenciam diretamente na eficiência das células solares. A forma bruquita é mais raramente estudada, em razão da dificuldade de sua obtenção na forma pura (PENA, 2015). O experimento do trabalho usou a forma rutilo para a montagem da célula solar sensibilizada por corante. A escolha foi feita por ser a forma de TiO_2 mais barata e pela pouca diferença de eficiência entre as formas.

III. Nitrato de Potássio (KNO_3)

O nitrato de potássio é um composto químico com a fórmula química KNO_3 . É um sal iônico de íons de potássio K^+ e íons de nitrato NO_3^- e, portanto, é um nitrato de metal alcalino. É um dos principais constituintes da pólvora e tem sido utilizado desde a Idade Média como um conservante alimentar (JOSHI et al., 2015). No trabalho, ele é usado como o eletrólito da célula solar. O KNO_3 é um condutor elétrico de natureza sólida, no qual cargas são transportadas por meio de íons. O composto químico é dissolvido em água e se torna condutor de corrente elétrica.

IV. Grafite (lápis 6B)

O Grafite é um mineral cinza escuro, metálico e macio, constituído essencialmente de carbono, é um condutor de corrente elétrica e de calor, resistente a altas temperaturas e oxidação. Devido a seu alto ponto de fusão, é usado também como material refratário (ALLARD, 2006). Foi usado um lápis de grafite 6B para cobrir a superfície condutora da placa de vidro com uma camada de grafite. É importante aplicar em toda a superfície do vidro a grafite, pois este serve de catalisador na transferência de elétrons que vão regenerar o nitrato.

V. Corantes

Foram usados corantes naturais, os quais são facilmente extraídos de plantas e frutas, o que torna mais barato a produção da célula solar sensibilizada por corantes. Pelo seu baixo custo e ser um composto não tóxico, o pigmento natural tem sido um assunto muito pesquisado para a utilização como sensibilizador em células solares sensibilizadas por corantes naturais (JINCHU; SREEKALA; SREELATHA, 2013). Os pigmentos usados foram a clorofila e a antocianina, alguns dos principais compostos responsáveis pelos processos de geração e transferência de carga. A clorofila foi escolhida por ser abundante no meio ambiente, já que está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica (STREIT et al., 2005). A antocianina faz parte de um dos grupos mais disseminados e abundantes de pigmentos naturais. Devido aos grupos carbonila e hidroxila presentes na molécula de antocianina, elas podem se ligar facilmente à superfície das moléculas de TiO_2 (SAWHNEY; SATAPATHI, 2016). A antocianina foi representada por açaí puro em pó e a fruta mirtilo. Por apresentarem, geralmente, absorção máxima na faixa do visível, as antocianinas são boas sensibilizadores para semicondutores com larga banda proibida (band gap). O açaí encontra o máximo de absorção em 525 nm, o mirtilo encontra o seu máximo de absorção em 527 nm e a clorofila tem o ponto máximo de absorção dos fótons na região de 428 e 660 nm (CAMPOSTRINI, 1998; SONAI et al., 2015; XAVIER; SOUZA, 2010). A antocianina e a clorofila são suscetíveis à degradação devido à influência de vários fatores como alterações do pH, de temperatura e de luminosidade (CUNHA, 2012; MALHEIROS, 2007).

As Figuras 3-10 exibem o passo a passo da metodologia usada na primeira montagem para o preparo das células solares sensibilizadas por corantes naturais. O passo a passo da primeira montagem serviu de base para a segunda montagem

das células. A nova montagem teve como principal objetivo a melhoria na medição elétrica das CSSC. Foram utilizados diferentes laboratórios da Universidade Federal Fluminense, localizada no Rio de Janeiro, Brasil.



Figura 3. Ultrassom com a solução de TiO_2 .

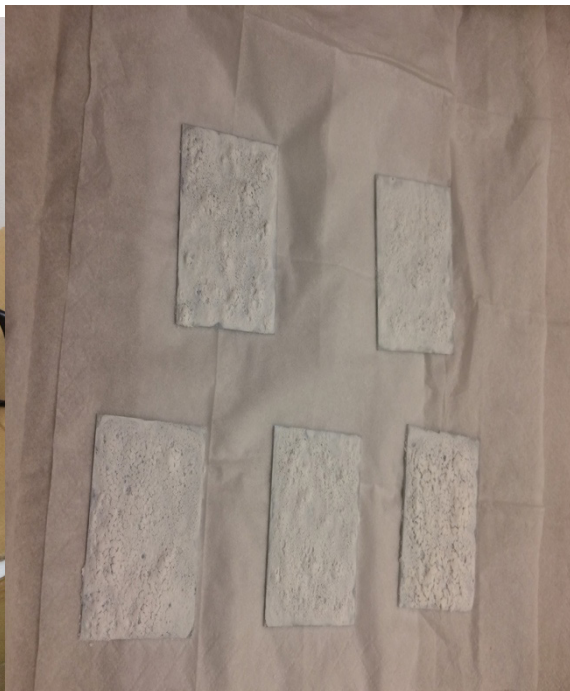


Figura 4. Placas com TiO_2 depois da secagem.



Figura 5. Placas depois do mergulho no suco de fruta.



Figura 6. Solução de KNO_3 diluída.

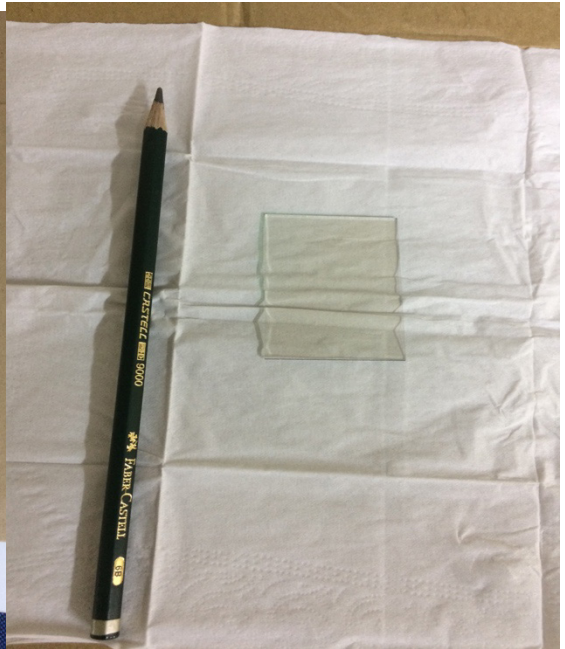


Figura 7. Deposição do eletrólito nas placas. Figura 8. Grafite 6B pronto para ser depositado.

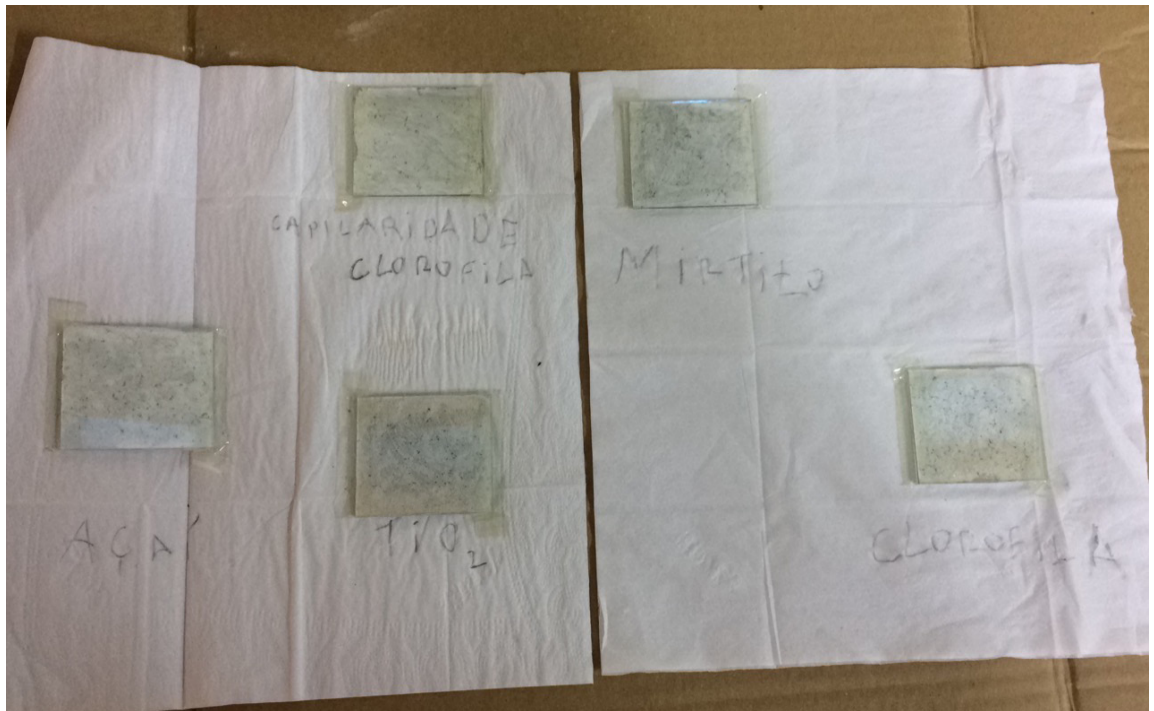


Figura 9. Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais.

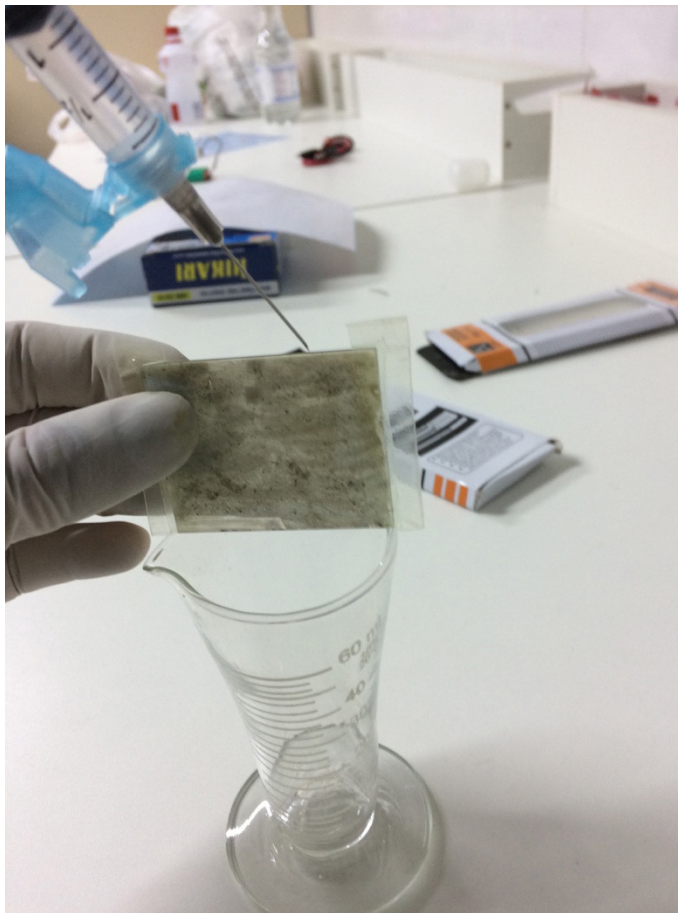


Figura 10. Deposição do eletrólito diluído na célula de clorofila.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na primeira montagem, foram feitos testes de tensão elétrica nas cinco células formadas, a célula de açaí foi a mais testada. No dia 26/06/2017, às 16:00 horas, no Rio de Janeiro, Brasil, foi testado a placa solar de açaí em um multímetro. O açaí respondeu variando a tensão entre 15 mV e 50 mV, depois de 15 minutos no Sol, como mostram as Figuras 11 e 12.



Figura 11. Placa de açaí gerando 15 mV.



Figura 12. Célula de açaí gerando 50 mV.

No dia 28/06/2017, Rio de Janeiro, Brasil, foram feitos testes no laboratório do departamento de engenharia elétrica da Universidade Federal Fluminense. Foram usados um osciloscópio, um nanovoltímetro e luzes artificiais para a medição de tensão nas células solares sensibilizadas por corantes. Foram testadas as células de açaí e de mirtilo por cerca de 5 minutos e não foi encontrada nenhuma medição. As células, quando foram conectadas ao nanovoltímetro e ao osciloscópio, não responderam. Um dos motivos, pela falta de tensão das células, pode ser explicado pelo uso das lâmpadas incandescentes, que emitem radiação no comprimento de onda na faixa do vermelho-longo (700 nanômetros), ou seja, um comprimento diferente do utilizado no processo de fotossíntese dos corantes usados. Também há a possibilidade da degradação dos pigmentos pelo aumento de temperatura provocado pelas luzes artificiais.

Com esses pequenos valores atingidos, buscou-se alternativas para melhorar a eficiência das CSSCs. A primeira alternativa foi a remontagem da célula com um leve deslocamento horizontal, com a finalidade de aumentar a área de contato das células. A célula escolhida foi o mirtilo, a alteração pode ser vista na Figura 13.

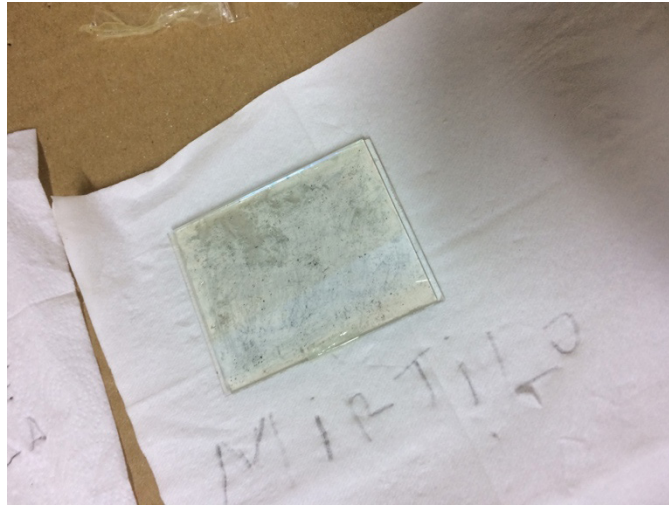


Figura 13. Célula de mirtilo levemente deslocada.

Com esse deslocamento, ficou mais fácil de colocar as pontas do multímetro na pasta semicondutora. Mas a eficiência continuou muito baixa (3 mV). Além de não aumentar a eficiência, esse método causou danos na pasta semicondutora. A segunda alternativa foi a recolocação do eletrólito líquido na CSSC, com o intuito de aumentar a quantidade do condutor na célula. Foi inserido na mesma célula de clorofila que já tinha recebido o eletrólito, por capilaridade, na sua formação inicial. A célula de clorofila respondeu, rapidamente, com um máximo de 258 mV, apresentada na Figura 14.



Figura 14. Célula de clorofila gerando 258 mV, sem estabilidade na medição.

Foi colocado o restante de eletrólito líquido, por capilaridade, nas células de açai e de TiO_2 (sem corante) para certificar que o principal problema estava na ausência

do eletrólito líquido nas placas. A célula de açaí apresentou um máximo de 142 mV e a célula de TiO_2 chegou aos 3 mV. A produção de diferença de potencial após a infiltração do eletrólito líquido nas células de clorofila, açaí e TiO_2 comprovam que o eletrólito volatilizou com o tempo e com as aberturas laterais das células ou foi colocado uma quantidade pequena de eletrólito no momento da confecção da célula. Para verificar o tempo de volatilização do eletrólito, depois de uma hora da medida inicial, foi feita mais uma medida na célula do açaí e mostrou que ainda estava gerando tensão. Com todas essas mudanças feitas nas células, pode-se notar que os maiores problemas para a geração de tensão foram: a falta de um contato ideal para fazer a medição, a provável degradação do corante e a inadequada conservação do eletrólito líquido.

Com todas essas comprovações, uma nova montagem foi feita, construindo 3 novas células: uma célula de açaí, uma de clorofila e outra com a combinação do açaí e da clorofila, de forma proporcional, ou seja, uma mistura de 50% de açaí com 50% de clorofila. Apoiado na literatura, a mistura foi feita para aumentar a eficiência nas células (DAFU WANG, 2017).

A montagem das células foram feitas em dias diferentes, a célula de açaí + clorofila foi construída com o objetivo de resolver o problema de instabilidade na medição, no dia 06/09/2018. O teste da célula ocorreu no dia 13/09/2018, no intervalo de 12:55 h à 13:00 h, gerando tensão entre 100-150 mV. A figura 15 exibe o modelo sendo testado sem nenhum problema na aferição da tensão na CSSC.

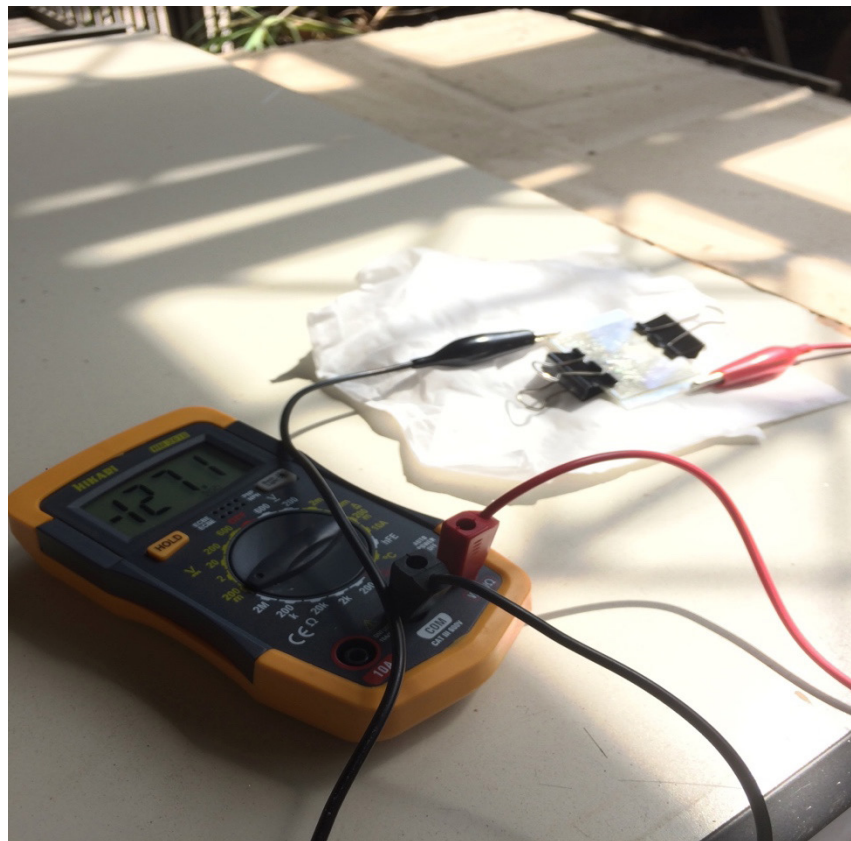


Figura 15. Célula de açaí + clorofila gerando 127,1 mV.

Já as células de açaí e de clorofila foram feitas, posteriormente, no dia 07/11/2018. No dia 12/11/2018, entre 15:15 h à 15:25 h, realizou-se a medição nas três células. 34,4 mV, 21,6 mV e 7,7 mV foram os resultados encontrados, respectivamente, nas células de açaí + clorofila, clorofila e açaí. Os resultados podem ser observados nas Figuras 16,17,18.



Figura 16. Célula de açaí + clorofila gerando 34,4 mV.



Figura 17. Célula clorofila gerando 21,6 mV.

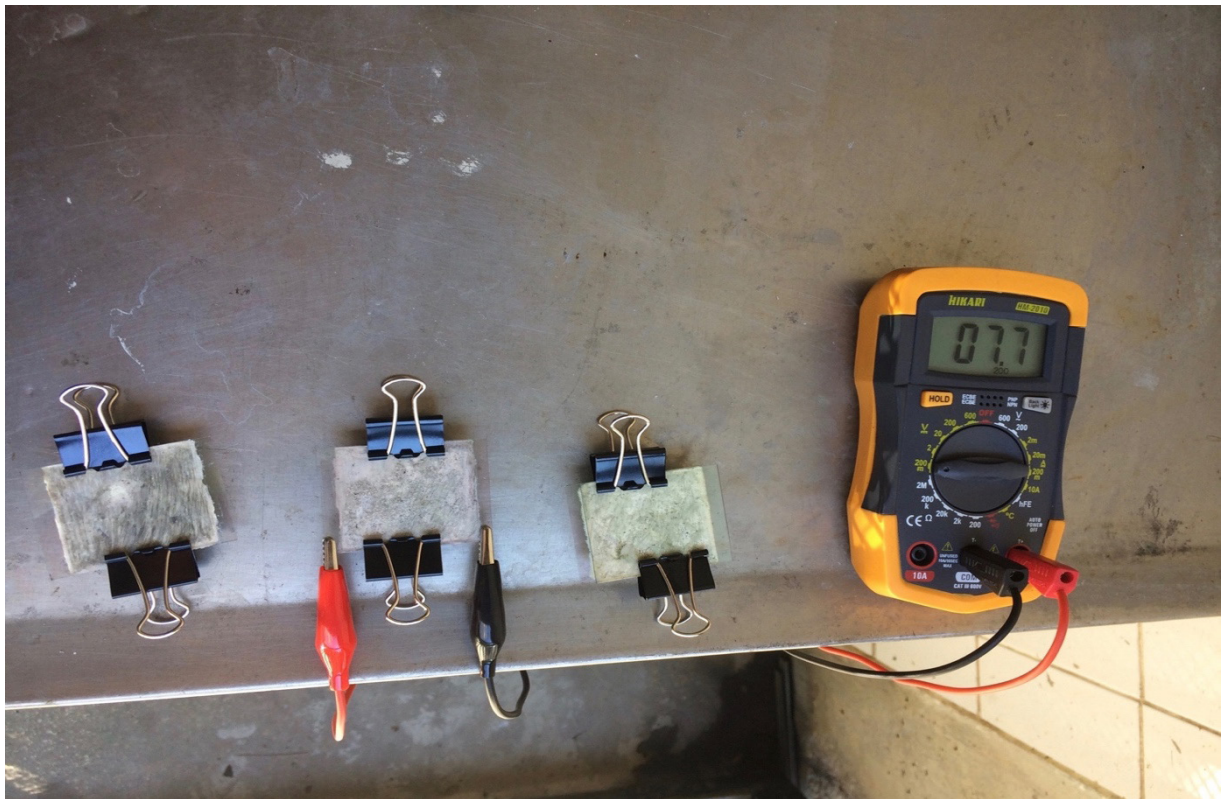


Figura 18. Célula açai gerando 7,7 mV.

Os resultados da primeira montagem se aproximaram de um dos estudos que serviu de base de comparação entre as células solares sensibilizadas por corantes orgânicos, onde se observou a geração de tensão de 330 mV do corante da Jabuticaba (BOTELHO; DANTAS, 2013). Os corantes naturais da cenoura, cereja, beterraba e amora corantes ficaram entre 110 e 191 mV e a célula sem corante gerou 8,95 mV (BOTELHO; DANTAS, 2013). Na primeira montagem, a clorofila produziu 258 mV, o açai produziu 142 mV e o TiO_2 , produziu 3 mV. Ou seja, as tensões dos dois trabalhos foram próximas, confirmando o rendimento das células solares sensibilizadas por corante. O segundo estudo, com a melhora nas condições de medição elétrica, serviu para comparar com a primeira montagem e comprovar que uma combinação proporcional de dois corantes pode produzir uma célula mais eficiente. As células na segunda montagem deram medidas menores de tensão, mas foram feitas de maneira diferentes. A redução de área condutiva devido a implementação de terminais elétricos pode-se justificar o decréscimo nas medições.

7 | CONCLUSÃO

Sabe-se que as fontes renováveis de energia são essenciais para o crescimento sustentável da nossa sociedade. Apesar de existir uma necessidade crescente pelo uso delas, ainda nos esbarramos com tecnologias muito recentes, em desenvolvimento, muitas vezes não tão eficientes e, portanto, ainda com um custo alto se comparadas com a matriz energética tradicional. Ou seja, é de extrema importância o aumento

de investimentos em pesquisa das fontes renováveis de modo a alcançarmos uma eficiência cada vez maior.

Células solares sensibilizadas por corante (CSSC) são baseadas em moléculas de corante entre eletrodos. Embora sua eficiência seja muito baixa, seu custo também é muito baixo (KIBRIA et al., 2014). Com a produção em série, o preço desta tecnologia pode ficar ainda mais baixo. As CSSC também contam com uma enorme flexibilidade dos seus materiais, isto é, as células podem ser feitas de acordo com a disponibilidade local. Além de possuir a flexibilidade dos materiais, as células podem ser montadas de maneiras diferentes e com uma certa facilidade. Apesar do uso do Nitrato de Potássio, por ser um eletrólito forte, as CSSC utilizam produtos não tóxicos e por isso não causam riscos ambientais na produção em larga escala de painéis solares de TiO_2 , além de seu descarte ser mais sustentável do que o descarte das placas de silício, por exemplo. Isto é, as CSSCs têm um impacto ambiental menor na fabricação e na disposição, se forem comparadas com as células solares de silício.

Os testes das células, na primeira montagem deram resultados próximos aos encontrados na literatura, com um pico de geração de 258 mV para a placa de clorofila e um resultado de 142 mV para a placa de açaí, que pode ser justificado pela degradação do corante da fruta pelo teste feito com as luzes artificiais. Com o problema da medição resolvido, estudou-se outra melhoria para a célula que foi a combinação de corantes diferentes. A segunda montagem serviu para comprovar a geração de energia das células e demonstrar que a tecnologia continua crescendo, com novas estruturas. Ressaltando que, a célula utilizada neste estudo foi menor, em área, do que a utilizada na maioria dos trabalhos utilizados como base de comparação.

Com o devido investimento nas pesquisas desta área, as células solares sensibilizadas solares podem servir como uma solução com um pequeno impacto ambiental, de baixo custo e com uma eficiência satisfatória no ramo de energia solar.

REFERÊNCIAS

ALLARD, S. **Graphite - Mineral Commodity Profile** No. 3. n. 3, p. 1–6, 2006.

BAYONA, G. A. L. **Desenvolvimento de Filmes de ITO para Dispositivos Orgânicos Eletroluminescentes Invertidos (IOLEDs) e Transparentes (TOLEDs)**. [s.l.] PUC-Rio de Janeiro, 2012.

BOTELHO, F. K.; DANTAS, N. J. **Células Solares de Filmes Finos de Nanoestruturas Semicondutoras de TiO_2 e Nb_2O_5 Sensibilizadas por Corantes Orgânicos (“dye-sensitized solar cells”-dssc)**. p. 11, 2013.

BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da Clorofila A: Considerações Teóricas e Aplicações Práticas**. p. 1–34, 1998.

- CUNHA, E. L. DA. **Leucoantocianidina em Amostras de Açaí (euterpes oleracea)**. p. 1–7, 2012.
- DAFU WANG. **Food Dyes Based Dye-sensitized Solar Cells**. [s.l.: s.n.].
- GÖRIG, M.; BREYER, C. Energy learning curves of PV systems. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 35, n. 3, p. 914–923, maio 2016.
- GRATZEL, M. **Molecular Photovoltaics Mimic Photosynthesis**. [s.l.: s.n.].
- JINCHU, I.; SREEKALA, C. O.; SREELATHA, K. S. **Dye Sensitized Solar Cell Using Natural Dyes as Chromophores - Review**. *Materials Science Forum*, v. 771, n. October, p. 39–51, 2013.
- JOSHI, C. S. et al. **Environmentally and Economically Feasibility Manufacturing Process of Potassium Nitrate for Small Scale Industries : A Review**. v. 2, p. 88–99, 2015.
- KIBRIA, M. T. et al. **A Review : Comparative Studies on Different Generation Solar Cells Technology**. p. 51–53, 2014.
- LUCAS, J. A. T. DOS R. **Introdução a Novos Processos de Produção de Energias Renováveis no Ensino Secundário: Célula Fotovoltaica Orgânica e Pilha de Combustível**. p. 123, 2004.
- MALHEIROS, G. C. **Estudo da Alteração da Cor e Degradação Da Clorofila Durante Armazenagem de Erva-Mate Tipo Chimarrão**. p. 104, 2007.
- MARTINSON, A. B. F. **Charge Dynamics in New Architectures for Dye-Sensitized Solar Cells**. *Strategies*, n. December, 2008.
- MATEUSZ MICHAŁ AUGUSTYNIAK. **Preparation , Characterisation and Optimization of Blocking Layers for Improving Efficiency of Dye- Sensitized Solar Cells**. n. September, 2016.
- PENA, A. D. L. **Dióxido de Titânio para Aplicação em Células Solares**. p. 34, 2015.
- SAWHNEY, N.; SATAPATHI, S. **Utilization of Naturally Occurring Dyes as Sensitizers in Dye Sensitized Solar Cells**. p. 1–11, 2016.
- SONAI, G. G. et al. **Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais: um Experimento Introdutório sobre Energia Renovável para Alunos de Graduação**. v. 38, n. 10, p. 1357–1365, 2015.
- STREIT, N. M. et al. **As Clorofilas**. p. 748–755, 2005.
- VASCONCELOS, Y. **O Desafio do Sol**. p. 4, 2013.
- XAVIER, A. M.; SOUZA, F. L. DE. **Extração e Caracterização Óptica de Corantes Naturais para Uso em Células Fotovoltaicas**. 2010.

AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA

Maxwell Sousa Costa

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

Belo Horizonte - MG

Anderson da Silva Rocha

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

Belo Horizonte – MG

Lucas Paglioni Pataro Faria

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

Belo Horizonte – MG

RESUMO: O desenvolvimento de novas tecnologias para a utilização de fontes alternativas de geração de energia é fundamental para atender o aumento de demanda de energia elétrica. Dentre as tecnologias que vem sendo estudadas, destaca-se o PVT (do inglês *Photovoltaic Thermal*), que consiste no acoplamento de um trocador de calor à um módulo fotovoltaico com o intuito de resfriar as células do módulo, ocasionando um aumento na sua eficiência e produzindo, de forma simultânea, energia elétrica e térmica. A proposta deste trabalho é demonstrar o comportamento térmico e elétrico do PVT por meio de um modelo analítico, apresentando a relação do seu rendimento com a variação da temperatura de entrada do fluido que circulará no interior dos tubos do PVT. Os resultados obtidos demonstram que há um

ganho energético global, quando o módulo PV é acoplado ao coletor solar de placa plana.

PALAVRAS-CHAVE: PVT, Energia Solar, Desempenho Térmico, Cogeração.

ABSTRACT: The development of new technologies for the use of alternative power generation sources is fundamental to attend increasing electricity demand. Among the technologies that have been studying, there is the PVT (Photovoltaic Thermal), consisting in coupling a heat exchanger to a photovoltaic module in order to cool the module cells, that cause an increase in their efficiency and producing, simultaneously, electrical and thermal energy. The purpose of this study is to demonstrate the thermal and electrical performance of PVT through a simulated analytical model in Excel software, showing the ratio of their output with the inflow temperature variation of the fluid that circulates inside the PVT. The results demonstrate that there is an overall energy gain of around 9.0% in the production of energy when the PV module is coupled to the flat plate solar collector.

KEYWORDS: PVT, Solar Energy, Thermal Performance, Cogeneration.

1 | INTRODUÇÃO

A constante busca por mecanismos mais eficientes e competitivos para utilização de energia renovável promove o desenvolvimento e a melhoria de tecnologias. O uso da energia solar para aquecimento de água e geração de energia elétrica, também tem sido alvo de pesquisas que visam à melhoria de sistemas existentes e a criação de novos equipamentos (MOREIRA, 2009). Segundo Fernandes (2011), a energia solar é considerada ideal, no caso do Brasil, para levar energia às comunidades isoladas, distantes da rede elétrica. Souto (2009) destaca que o aproveitamento térmico da energia solar é uma das alternativas mais viáveis para substituição ou redução de chuveiros elétricos, a economia proporcionada pelos aquecedores de água é entendida como uma geração virtual de energia elétrica.

Conforme Almeida *et al.* (2015), a energia solar pode ser convertida em energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos ou módulos de geração de energia. Estes módulos são constituídos por células fotovoltaicas associadas, de acordo com cada projeto elas podem ser ligadas eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas. Unindo esses módulos é possível obter um gerador fotovoltaico, que é o principal componente para o processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica. Machado e Miranda (2015) ressaltam que a eficiência da maior parte dos módulos comerciais é de 15%.

O princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico é definido pela energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que é produzida com material semicondutor (PINHO; GALDINO, 2014).

Estudos tem mostrado que a temperatura ambiente é um fator que determina a eficiência de operação das células fotovoltaicas, e tem um papel significativo na geração de energia. O aumento da temperatura de célula provoca diminuição da tensão e elevação da corrente. Entretanto, o acréscimo na corrente é muito pequeno e insuficiente para compensar a perda de potência causada pela redução da tensão (PINHO; GALDINO, 2014).

O PVT é uma tecnologia em que o módulo fotovoltaico não é utilizado somente para conversão da radiação solar em eletricidade, mas também como um absorvedor de calor, isto é, há produção de energia elétrica e térmica simultaneamente (ZONDAG, 2005).

A estrutura do PVT consiste basicamente, de um circuito hidráulico de um coletor solar de placa plana acoplada a um módulo fotovoltaico. O módulo funcionando como uma superfície absorvedora de calor é resfriado através da circulação de um fluido, que geralmente é a água, dessa forma, há produção de energia elétrica e térmica simultaneamente (FARIA *et al.*, 2015).

Os estudos a respeito do PVT iniciaram em meados da década de 70 nos Estados Unidos. Ao longo dos anos uma grande quantidade de pesquisas tem originado o

desenvolvimento de ideias de integração do sistema fotovoltaico com o sistema térmico em um único módulo (ZONDAG, 2005). Nos estudos de Chow (2009) e Zondag (2005) há uma revisão do estado da arte do PVT dos últimos 35 anos, focando nas pesquisas e tendências do desenvolvimento dessa tecnologia.

A figura 01 representa a estrutura de um PVT.

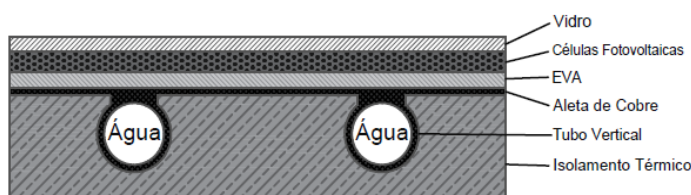


FIGURA 1. Estrutura de um PVT

Segundo (ZONDAG, 2003) o PVT apresenta algumas vantagens:

- O PVT ocupa menos espaço no telhado do que um sistema convencional fotovoltaico e um sistema convencional de coletor térmico ocupariam para produzirem energia elétrica e térmica, o que é muito útil em situações em que o telhado possui uma área reduzida.
- O PVT interfere de forma menos significativa na estética do telhado, quando comparado com a instalação separada dos dois sistemas (fotovoltaico e térmico).
- Normalmente apenas um tipo de tecnologia de aproveitamento de energia é escolhido, sendo assim é possível uma redução de custo de aquisição do sistema com a utilização do PVT.

2 | O MODELO MATEMÁTICO

O modelo matemático a ser apresentado para a avaliação do ganho energético do PVT foi baseado no modelo desenvolvido por Duffie e Beckman (2013) para coletores solares de placa plana. Com a integração da parte fotovoltaica aos coletores solares, são necessárias algumas modificações nas equações matemáticas descritas por esse modelo numérico. Faria *et al.*(2015) descrevem todas as equações com as devidas modificações, com base no fluxo de energia no interior do PVT, demonstrado na figura 02.

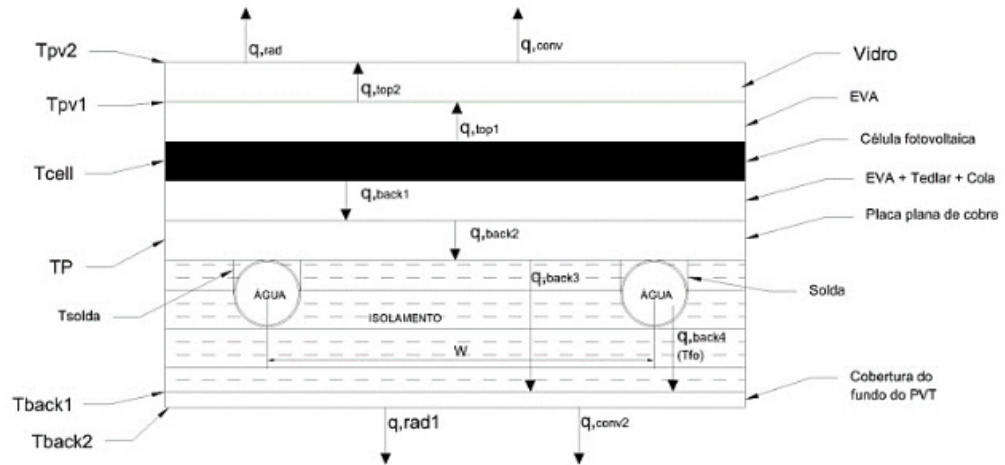


FIGURA 2. Fluxo de Energia no PVT

Fonte: (Faria *et al.*, 2015)

O modelo consiste, basicamente, no cálculo dos seguintes parâmetros:

- **Perdas de calor no topo do PVT (U_t):**

$$q_{top} = q_{top1} + q_{top2} \quad [W/m^2] \quad (1)$$

Onde:

q_{top1} é o fluxo de calor para o ambiente por condução pelo topo do PVT:

$$q_{top1} = \frac{k_{eva}(T_{cell} - T_{pv1})}{\delta_{eva}} + \frac{k_{vidro}(T_{pv1} - T_{pv2})}{\delta_{vidro}} \quad [W/m^2] \quad (2)$$

K_{eva} : Condutividade térmica do EVA, Acetato de Etil Vinila, (W/m.K);

δ_{eva} : Espessura da cobertura de EVA acima da célula (m);

T_{cell} : Temperatura média da célula fotovoltaica (K);

T_{pv1} : Temperatura interna da cobertura de vidro do PVT (K);

K_{vidro} : Condutividade térmica da camada de vidro acima da célula fotovoltaica (W/m.K);

δ_{vidro} : Espessura da cobertura de vidro do PVT (m);

T_{pv2} : Temperatura externa da cobertura de vidro do PVT (K);

q_{top2} é o fluxo de calor para o ambiente por convecção e radiação pelo topo do PVT:

$$q_{top2} = h_w(T_{pv2} - T_a) + h_{rad,cs}(T_{pv2} - T_s) \quad [W/m^2] \quad (3)$$

h_w : Coeficiente de transferência de calor por convecção entre o vidro e a camada de ar próxima (W/m².K);

T_a : Temperatura ambiente (K);

T_s : Temperatura do céu (K);
 $h_{rad,cs}$: Coeficiente de transferência de calor por radiação entre o vidro e o céu ($W/m^2.K$);

$$q_{top} = U_t(T_{cell} - T_a) \quad [W/m^2] \quad (4)$$

U_t : Perdas térmicas pelo topo do PVT ($W/m^2.K$).

• **Perdas de calor na base (U_b):**

$$q_{back} = q_{back1} + q_{back2} + q_{back3} + q_{back4} \quad [W/m^2] \quad (5)$$

q_{back} : fluxo de calor pelas costas (W/m^2);

onde:

q_{back1} é o fluxo através da junção do EVA, tedlar e da cola:

$$q_{back1} = \frac{(T_{cell} - T_p)}{R_{back}} \quad [W/m^2] \quad (6)$$

T_p : Temperatura da placa plana do coletor (K);

R_{back} : Resistência térmica de condução através das costas do PVT (K);

q_{back2} é o fluxo de calor através do isolante:

$$q_{back2} = \frac{k_{isol, costas}}{\delta_{isol, costas}} (T_p - T_{back1}) \quad [W/m^2] \quad (7)$$

$k_{isol, costas}$: Condutividade térmica da camada de isolamento térmico colocado nas costas do PVT ($W/m.K$);

$\delta_{isol, costas}$: Espessura da camada de isolamento térmico colocado nas costas do PVT (m);

T_{back1} : Temperatura interna da camada de fechamento das costas do PVT (K).

q_{back3} é o fluxo de calor através da parte de trás do PVT:

$$q_{back3} = \frac{k_2}{\delta_2} (T_{back1} - T_{back2}) \quad [W/m^2] \quad (8)$$

k_2 : Condutividade térmica da folha de alumínio que faz o fechamento das costas do PVT ($W/m.K$);

δ_2 : Espessura da folha de alumínio que faz o fechamento das costas do PVT (m);

T_{back2} : Temperatura externa da camada de fechamento das costas do PVT (K).

q_{back4} é o fluxo de calor por convecção e radiação na parte de trás do PVT:

$$q_{back4} = h_{conv,total,back}(T_{back2} - T_a) + F_{back,ground}h_{rad,back,sup}(T_{back2} - T_{sup}) + F_{back,ceu}h_{rad,back,ceu}(T_{back2} - T_{sup}) \quad [W/m^2] \quad (9)$$

$h_{conv,total,back}$: Coeficiente convectivo total de troca de calor entre as costas do PVT e o ar próximo (W/m².K);

$F_{back,ground}$: Fator que expressa o quanto do solo é visto pelas costas do PVT (adimensional);

$h_{rad,back,sup}$: Coeficiente de troca de calor por radiação entre as costas do PVT e o solo (W/m².K);

T_{sup} : Temperatura da superfície do solo (K);

$F_{back,ceu}$: Fator que expressa o quanto do céu é visto pelas costas do PVT (adimensional);

$h_{rad,back,ceu}$: Coeficiente de troca de calor por radiação entre as costas do PVT e o céu (W/m².K).

$$q_{back} = U_b(T_{cell} - T_a) \quad [W/m^2] \quad (10)$$

U_b : Perdas térmicas na base do PVT (W/m².K).

- **Perdas de calor pelas laterais (U_e)**

$$U_e = \frac{k_{isol,lat}}{\delta_{isol,lat}} \times \frac{A_{lat}}{A_c} \quad (W/m^2.K) \quad (11)$$

$$q_{lat} = U_e(T_{cell} - T_a) \quad [W/m^2] \quad (12)$$

U_e : Coeficiente de perdas térmicas na lateral do PVT (W/m².K)

$k_{isol,lat}$: Condutividade térmica do isolamento lateral do PVT (W/m.K);

$\delta_{isol,lat}$: Espessura do isolamento lateral do PVT (m);

A_{lat} : Área lateral do PVT (m²);

A_c : Área superior externa do PVT, é a área por onde a radiação solar penetra no PVT (m²);

- **Perdas Totais (U_L)**

O coeficiente de perdas totais U_L será dado por:

$$U_L = U_t + U_b + U_e \quad [W/m^2.K] \quad (13)$$

Fluxo das perdas de calor totais q_{total} do PVT:

$$q_{total} = U_L(T_{cell} - T_a) \left[W/m^2 \right] \quad (14)$$

Fluxo de calor da placa para os tubos verticais do PVT:

(15)

$$F = \frac{\tanh \frac{m(W-D_{te})}{2}}{\frac{m(W-D_{te})}{2}} \quad (15)$$

$$m = \sqrt[2]{\frac{U_L}{\delta_{aleta} k_{aleta}}} \quad (16)$$

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[\frac{1}{U_L(D_{te} + (W-D_{te})F)} + \frac{1}{h_{conv,f} \pi D_{te}} + \frac{1}{C_b} \right]} \quad (17)$$

$$W = \frac{Lh}{n} \quad [m] \quad (18)$$

$$h_{conv,f} = \frac{k_{wa} N_{u4}}{D_{te}} \quad (19)$$

F: Fator de eficiência da aleta retangular (-);

m: Varável definida para facilitar as demonstrações matemáticas do modelo de coletor plano (-);

F': Fator de eficiência do coletor (-);

C_b : Condutância do material que liga o tubo a placa plana (W/mK);

W: Distância existente entre aleta e o centro dos tubos verticais do PVT (m)

n: Quantidade de tubos verticais do PVT (-);

$h_{conv,f}$: Coeficiente convectivo de transferência de calor para o escoamento de água pelos tubos verticais do PVT (W/m²K);

K_{wa} : Condutividade térmica da água dentro dos tubos verticais do PVT (W/mK);

N_{u4} : Número de Nusselt para o escoamento de água dentro dos tubos verticais do PVT (-);

D_{te} : Diâmetro externo dos tubos verticais do PVT (m).

Fator de remoção do Coletor e Fator de fluxo (F_R , F''):

$$F_R = \frac{m C_{pwa}}{A_c U_L} \left[1 - \exp \frac{-A_c F' U_L}{m C_{pwa}} \right] \quad (20)$$

$$F'' = \frac{F_R}{F'} \quad (21)$$

F_R : Fator de remoção de calor do circuito hidráulico do PVT (-);

F': Fator de Fluxo do PVT (-);

- **Transferência total de energia**

$$Q_u = A_c (S - U_L(T_p - T_a)) \quad [W] \quad (22)$$

$$S = I_T \tau \alpha_{eff} \quad (23)$$

$$\tau \alpha_{eff} = \tau \alpha - \tau_{pv} n_{el} \quad (24)$$

Onde:

Q_u : Energia transferida para água escoando pelos tubos verticais do PVT (W);

T_p : Temperatura média da placa plana acoplada no módulo fotovoltaico (K);

S : Energia térmica disponível para ser transferida para a água no interior dos tubos, após descontada a energia elétrica gerada (W/m^2);

A_c : Área superior externa do PVT, é a área por onde a radiação solar penetra no PVT (m^2).

$\tau \alpha_{eff}$: Coeficiente de transmissividade-absortividade para o modelamento térmico, descontada a geração de energia elétrica pelas células fotovoltaicas (-);

$\tau \alpha$: Coeficiente de transmissividade-absortividade do módulo fotovoltaico (-);

n_{el} : Eficiência elétrica do PVT (-).

- **Eficiência Térmica (η_t)**

$$\eta_t = \frac{Q_u}{A_c I_T} \quad (25)$$

I_T : Radiação solar incidente que chega até a camada de vidro do PVT (W/m^2).

- **Eficiência Elétrica (n_{el})**

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{I_T A_c} \quad (26)$$

Onde P_{el} é a potência elétrica do PVT (W):

$$P_{el} = P_o \left(\frac{I_T}{I_{Ref}} (1 - \gamma_T (T_{cell} - T_{Ref})) \right) \quad (27)$$

γ_t : Coeficiente de temperatura para a máxima potência do módulo fotovoltaico nas condições padrões de teste. ($^{\circ}C^{-1}$);

T_{ref} : Temperatura de referência das células fotovoltaicas nas condições padrões

de teste, igual a 25°C.

3 | METODOLOGIA

Essa pesquisa foi desenvolvida com base na literatura técnica, nos resultados provenientes de outras simulações numéricas concluídas por demais autores e por meio de uma simulação analítica do modelo matemático apresentado na teoria.

O objeto desse estudo teve como enfoque um módulo fotovoltaico comercial de um determinado fabricante, denominado também nesse texto como PV. O trocador de calor utilizado para análise foi um coletor solar de placa plana (tubo-aleta), no qual foi integrado na superfície traseira do módulo PV.

Para a simulação do modelo matemático apresentado na teoria foi utilizado o *software Excel*. Todas as equações foram inseridas no programa e a partir dos dados técnicos fornecidos pelo fabricante do módulo, conforme tabela 1, e das condições de contorno, expostas pela tabela 2, elaborou-se as curvas de rendimento térmico e elétrico do PVT.

Dados do Fabricante	
Modelo	-
Fabricante	-
Material das Células	multi-cristalino
Condições Padrão de Operação – STC	
Potência Máxima	245 W
Tensão de Máxima potência (Vmp)	29,80 V
Corrente de Máxima potência (Imp)	8,23 A
Tensão de Circuito aberto (Voc)	36,90 V
Corrente de curto circuito (Isc)	8,91 A
Eficiência	14,80 %
Condições Normais de Operação – NOCT	
Máxima potência	175 W
Tensão de Máxima potência (Vmp)	26,80 V
Corrente de Máxima potência (Imp)	6,58 A
Tensão de Circuito aberto (Voc)	33,70 V
Corrente de curto circuito (Isc)	7,21 A
Temperatura de operação (Tnoct)	45 °C
Outras Características Elétricas	
Coeficiente de temperatura para a Tensão Voc	-0,36 %/°C
Coeficiente de temperatura para a Máxima potência	-0,46 %/°C
Dimensões	
Comprimento	1662 mm
Largura	990 mm
Espessura do conjunto	46 mm

TABELA 1 – Informações técnicas do módulo fotovoltaicoFonte: (Faria *et al.*, 2015)

Largura	$9,90 \times 10^{-1}$ m
Comprimento	1,66 m
Área coletora	1,65 m ²
Espessura total do PVT	$5,00 \times 10^{-2}$ m
Espessura do vidro	$3,00 \times 10^{-3}$ m
Espessura do EVA sobre a célula	$5,00 \times 10^{-4}$ m
Espessura do EVA abaixo da célula	$5,00 \times 10^{-4}$ m
Espessura do Tedlar	$1,00 \times 10^{-4}$ m
Espessura da cola	$5,00 \times 10^{-5}$ m
Espessura da aleta	$6,00 \times 10^{-4}$ m
Espessura do isolamento das costas	$4,50 \times 10^{-2}$ m
Espessura do isolamento lateral	$2,25 \times 10^{-2}$ m
Espessura do fechamento da parte superior	$1,00 \times 10^{-3}$ m
Condutividade do vidro	1,40 W/m K
Condutividade do EVA	$3,50 \times 10^{-1}$ W/m K
Condutividade do Tedlar	$2,00 \times 10^{-1}$ W/m K
Condutividade da cola	$8,50 \times 10^{-1}$ W/m K
Condutividade da aleta	$4,01 \times 10^2$ W/m K
Condutividade do isolamento do PVT	$4,00 \times 10^{-2}$ W/m K
Condutividade da solda	$5,00 \times 10^2$ W/m K
Afastamento entre os eixos dos tubos	$1,00 \times 10^{-1}$ m
Diâmetro dos tubos verticais	$1,00 \times 10^{-2}$ m
Número de tubos	10
Inclinação	30°

TABELA 2 – Características Construtivas do PVTFonte: (Faria *et al.*, 2016)

*É importante ressaltar que alguns parâmetros variáveis, como as temperaturas da placa plana, da cobertura de vidro, da célula fotovoltaica, da camada de fechamento das costas do PVT, os números de Nusselt e a condutividade térmica da água dentro dos tubos verticais, não foram possíveis de calcular com o auxílio do Excel, portanto adotou-se os mesmos valores utilizados no trabalho de Faria *et al.* (2016).*

Para uma possível comparação entre a eficiência elétrica do módulo PV com a tecnologia PVT, foi calculada a temperatura de operação da célula fotovoltaica, sem a influência da parte hidráulica, para uma radiação solar de 1000 W/m², por meio da equação 28, apresentada por Zilles *et al.* (2012).

$$T_C = T_a + H_{t,\beta} \left(\frac{TNOC - 20^\circ}{800} \right) * 0,9 \quad (28)$$

Onde:

T_c : Temperatura da célula fotovoltaica ($^{\circ}\text{C}$);

T_a : Temperatura ambiente medida ($^{\circ}\text{C}$), adotou-se 25°C ;

$H_{t,\beta}$: Irradiância no plano do gerador (W/m^2);

TNOC: Temperatura nominal de operação da célula ($^{\circ}\text{C}$).

A partir do resultado da equação 28, calculou-se a máxima potência elétrica suprida pelo gerador fotovoltaico, equação 27, e posteriormente a sua eficiência elétrica, através da equação 26. De posse da eficiência elétrica do módulo PV e dos resultados simulados do modelo analítico, viabilizou-se uma comparação entre o PV e o PVT.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico da Figura 3 apresenta as curvas linearizadas do desempenho térmico e elétrico do PVT para as condições de radiação solar ($1000 \text{ W}/\text{m}^2$) e temperatura ambiente (25°C).

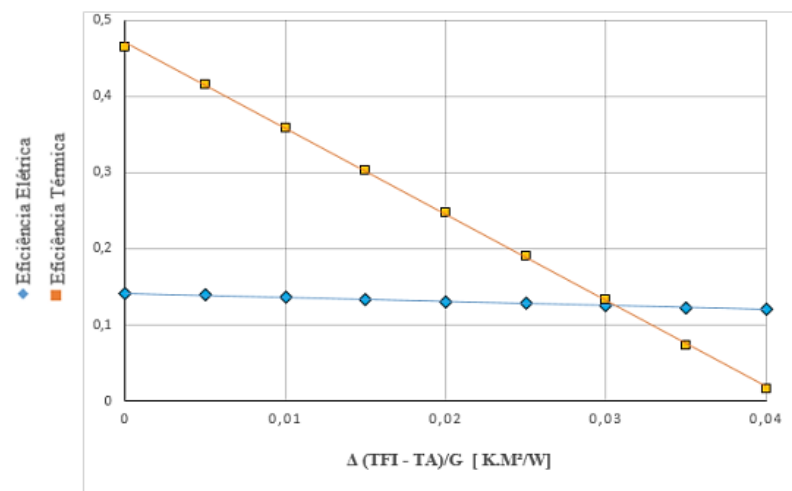


FIGURA 3. Gráfico da eficiência térmica e elétrica do PVT

Variando a temperatura de entrada da água que circula no PVT, observa-se que a curva da eficiência térmica apresenta uma maior inclinação, demonstrando que esta é mais sensível com a mudança de temperatura do que a curva da eficiência elétrica.

A Tabela 3 foi utilizada para gerar o gráfico da figura 03, e permite uma melhor visualização da influência da temperatura de entrada da água nas eficiências térmica e elétrica do PVT.

T_{fi} (K)	$\frac{T_{fi} - T_a}{G}$ (K.m ² /W)	P_{el} (W)	$\eta_{elétrica}$	$\eta_{térmica}$
298,200	0,000	233,279	0,141	0,464
303,200	0,005	229,289	0,139	0,416
308,200	0,010	224,601	0,136	0,358
313,200	0,015	220,319	0,134	0,303
318,200	0,020	215,923	0,131	0,247
323,200	0,025	211,641	0,128	0,190
328,200	0,030	207,358	0,126	0,133
333,200	0,035	202,963	0,123	0,074
338,200	0,040	198,793	0,120	0,016

TABELA 3 – Desempenho elétrico e térmico do PVT

Os valores da temperatura de entrada da água utilizados na simulação foram definidos com base na temperatura normal de operação do módulo, que de acordo com as especificações do fabricante é de 45°C, sendo assim o intervalo escolhido compreende valores menores e maiores que 45°C (318,2 K).

É possível observar que quanto maior a temperatura de entrada da água menor será o rendimento térmico e elétrico do PVT. A circulação da água no módulo fotovoltaico, na condição padrão de operação – STC - permite o módulo operar com fornecimento de potência elétrica de aproximadamente 198W no pior dos casos analisados, onde a temperatura da água é de 65°C. Essa potência, inclusive, é ainda maior que a potência fornecida nas especificações do fabricante do módulo fotovoltaico em estudo, nas condições normais de teste operacional – NOCT – que é de 175W com a célula a 45°C.

Faria *et al.* (2015) fazem essa relação da temperatura de entrada da água que circula no PVT com as suas eficiências elétricas e térmicas, relatando que o PVT operaria com uma boa eficiência térmica, gerando mais energia elétrica, quando a temperatura da água do reservatório for inferior à temperatura do módulo fotovoltaico e próximo a temperatura ambiente.

Considerando as mesmas condições de radiação solar e temperatura ambiente utilizadas nas simulações do PVT, a temperatura de operação do módulo fotovoltaico, sem o acoplamento do trocador de calor, atingiria o valor de 53°C e o módulo teria uma eficiência elétrica de 12,93%, produzindo uma potência de 213,3 W. Com a integração do circuito hidráulico do coletor solar, o PVT chegaria a produzir 233,3W, ou seja, 9,3% a mais de produção de energia global, com temperatura de entrada da água a 25°C e a temperatura da célula a 35,6°C.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação apresentada neste trabalho permitiu observar o comportamento

térmico e elétrico do PVT diante da variação da temperatura de entrada da água nos tubos verticais, a uma radiação solar constante. Os resultados demonstram que há uma vantagem em acoplar o coletor solar de placa plana no painel fotovoltaico a fim de arrefecer o módulo PV para aumento da sua eficiência elétrica. Contudo tal situação só ocorre quando a temperatura da água que entra no PVT for menor que a temperatura das células fotovoltaicas. Portanto a necessidade de controlar a entrada de água é fundamental para que não seja provocado um efeito reverso ao proposto pela tecnologia PVT.

É notável também que o PVT seja uma solução proveitosa para os locais que dispõem de pequenas áreas e que necessitam da energia elétrica e térmica, pois ele permite a cogeração de ambas as formas de energia ocupando o mesmo espaço.

Por fim, torna-se importante a realização de pesquisas experimentais do modelo do PVT aqui demonstrado, para futuras comparações dos resultados práticos com o modelo teórico estudado, de forma que possíveis modificações sejam realizadas para que essa tecnologia seja difundida no mercado a custos acessíveis ao consumidor.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.; ROSA, A. C.; DIAS, F. C. L. S.; BRAZ, K. T. M.; LANA, L. T. C.; SANTOS, O. C. E.; SACRAMENTO, T. C. B. Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. **Engenharias Online**, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, v.1, n. 2, p. 21-33, 2015.
- CHOW, T. T. A Review on Photovoltaic Thermal Solar Hybrid Solar Technology. **Applied Energy**, Hong Kong, China, n. 87, p. 365-379, jul. 2009.
- DUFFIE, J.A.; BECKMAN, W.A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 4th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. 910p.
- FARIA, L. P. P.; FERREIRA, A. G.; PEREIRA, E. M.; PROCÓPIO, O. L.; CALDEIRA, P.; MÁSSIMO, R.; DANIEL, A. C.; PORTO, M. A. D.; CORGOZINHO, I. M.; BARBOSA, J. M. C. Otimização da Eficiência Elétrica de Módulos Fotovoltaicos Através do Acoplamento de Trocadores de Calor Tipo Tubo-Aleta. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, 8., 2015, Costa do Sauípe. **Anais...Costa do Sauípe**: ANEEL, 2015.
- FARIA, L. P. P.; FERREIRA, A. G.; PEREIRA, E. M.; PROCÓPIO, O. L.; CALDEIRA, P.; MÁSSIMO, R.; DANIEL, A. C.; PORTO, M. A. D.; CORGOZINHO, I. M.; BARBOSA, J. M. C.; SILVEIRA, R.A.; OLIVEIRA, L. G. M. Análise do Desempenho Térmico e Elétrico de um Módulo Fotovoltaico Acoplado a um Coletor Solar Plano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 5., 2016, Belo Horizonte. **Anais... Belo Horizonte**: ABENS, 2016.
- FERNANDES, D. **ONU diz que Brasil Subaproveita seu Potencial em Energias Renováveis**. 2011. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/11/111129_energia_limpa_unctad_df>. Acesso em: 20 maio 2016.
- MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v.7, n.1, p.126-143, 2015. Disponível em <<http://www.uff.br/rvq>>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- MOREIRA, M. F. Z. **Análise Térmica de um Coletor Solar Composto de Cavidades V para Aquecimento de Água**. 2009. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

OLIVEIRA, P. H. M.; AGUIAR, E. S.; BASTOS, L. E. G. Análise Teórico-Experimental de um Coletor Híbrido Térmico-Fotovoltaico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 9., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 2002, ref. 2-646.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. CEPEL, CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

SOUTO, W. A. **Desenvolvimento de um Sistema Automatizado de Levantamento de Desempenho de Coletor Solar Plano**. 2009. 46f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F. **Sistema Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo, SP, 2012.

ZONDAG, H.A. Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, n 12, p. 891-959, dec. 2005.

ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016

Amanda Souza da Silva

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

Rejane Félix Pereira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

Umberto Sampaio Madeiro Junior

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

Guilherme Geremias Prata

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Acarape – Ceará.

RESUMO: Este projeto visa a coleta, manipulação e aprofundamento dos dados anemométricos de diferentes cidades das regiões noroeste e sul do estado do Ceará, especificamente: Araripe, Barbalha, Crato, Santana do Cariri, São benedito e Ubajara. As informações obtidas junto aos institutos de pesquisa especializados, a saber, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA), foram sintetizadas em gráficos que demonstraram a densidade de potencial eólico de cada localidade, permitindo assim concluir se determinado local é ou

não propício para a exploração eólica de energia elétrica. Alguns estudos isolados são promissores, mas quando se verifica a continuidade ao longo dos anos seguintes, os valores apresentam inconsistências por causas diversas, o que a priori desestimula qualquer projeto de construção de parques eólicos na região. Ressalva-se que um estudo mais aprofundado e por um período mais extenso, poderia vir a reverter esta conclusão, pois dados estimados, ao serem substituídos por medições via torres anemométricas, poderiam de fato demonstrar até onde a falta de dados e variações das estimativas com métodos matemáticos condizem de fato com as características dos ventos das regiões abordadas.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade do potencial eólico; Serras; Ceará; Energia Eólica.

ABSTRACT: This project aims at the collection, manipulation and deepening of the anemometric data of different cities of the northwestern and southern regions of Ceará, specifically: Araripe, Barbalha, Crato, Santana do Cariri, São benedito and Ubajara. The information obtained from the specialized research institutes, namely the Cearense Foundation for Meteorology and Water Resources (FUNCEME) and the Integrated Environmental Data System (SINDA), were synthesized in graphs that showed the density of the wind potential of each locality, whether or

not a particular location is conducive to wind power exploration. Some isolated studies are promising, but when the continuity is verified over the following years, the values present inconsistencies due to different causes, which a priori discourages any project of construction of wind farms in the region. It should be stressed that a more in-depth study for a longer period, could reverse this conclusion, as estimated data, when replaced by anemometric measurements, could in fact demonstrate to what extent the lack of data and variations of estimates with mathematical methods actually fit the characteristics of the regions.

1 | INTRODUÇÃO

A matriz eólica de geração de energia elétrica está crescente em todo o cenário mundial, fato impulsionado pelo exponencial consumo de energia pelas grandes metrópoles e a sua conseqüente necessidade de geração eficiente, sustentável e comprometida com as considerações ambientais e sociais – características intrínsecas à atividade. As regiões litorâneas são beneficiadas por condições climáticas favoráveis para a exploração da energia oriunda dos ventos, fato esse reforçado pelos recentes números apresentados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que registrou no dia 10 de setembro de 2017, 71% da energia consumida no Nordeste provenientes dos parques eólicos, havendo ainda um recorde de pico às 9h13min, alcançando uma taxa de 84%, que corresponde a 6.852 MW.

A faixa litorânea dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte apontam como as localidades de maior potencial de exploração desse tipo de energia no mundo, devido à sua localização estratégica de convergência com os ventos regulares quanto à velocidade e orientação vindos da faixa intertropical do oceano Atlântico, circunstância imprescindível para a eficiência nesse processo. Diante de números tão expressivos e dos métodos já experimentados e consolidados, é coerente investigar outras regiões com condições promissoras para uma possível exploração, levando-se em conta as altas taxas de velocidades dos ventos, bem como a consistência ao longo do ano e direções bem definidas, para então aprofundar os estudos no intuito de atrair investimentos e considerar a viabilidade de projetos análogos aos dos bem-sucedidos implantados nos litorais do estado, por exemplo.

2 | METODOLOGIA

As localidades estudadas, encontram-se no sul do estado do Ceará as cidades de Araripe, Barbalha, Crato e Santana do Cariri, que apresentam como clima característico das regiões, o clima tropical quente semi-árido brando, para as três primeiras cidades citadas, e tropical quente sub-úmido para as duas últimas cidades. Já ao noroeste do estado encontram-se as cidades de São Benedito, que apresenta características climáticas tropical quente semi-árido: brando, sub-úmido e úmido. Por último a cidade

de Ubajara com clima tropical quente sub-úmido.

A coleta de dados pelos Institutos são feitos por meio de torres anemométricas. Os arquivos contendo as informações são inicialmente armazenados no Data Logger, que são bancos de memória agregados aos equipamentos, e posteriormente são transferidos para computadores através de periféricos de saída, para então serem disponibilizados para os interessados através dos portais online dos institutos.

Foram levantados os dados de cada ano do período estudado (2013-2016) junto aos institutos de pesquisas, dados estes que são gerados para análises climáticas e não especificamente para estudo de geração eólica, o que em parte pode ser suficiente para este estudo. No processo de coleta e análise das informações, foram observados outliers para algumas cidades durante alguns períodos, os quais foram rejeitados na hora dos cálculos de densidade de potencial e suas projeções para a obtenção dos gráficos. Em posse dos dados anemométricos referentes à altitude de 10 metros de altura disponibilizadas por FUNCEME e SINDA, é possível através de métodos matemáticos fazer estimativas para alturas diferentes dependendo da sua necessidade. Sendo assim, os dados foram estimados para as alturas de 10, 50, 80 e 100 metros.

Os dados plotados em gráficos mostram que o potencial eólico é proporcional à altitude do instrumento de coleta de dados, ou seja, quanto mais alto a localização do objeto (ou até mesmo um possível aerogerador) maior será o seu potencial eólico.

Estes valores são deduzidos através de métodos matemáticos descritos a seguir:

A densidade do potencial eólico pode ser obtida através da equação (PATTEL, 1999):

$$P = 1/2\rho V^3 \text{ watts/m}^2 \quad \text{[Eq 01]}$$

Onde:

ρ = Massa específica do ar local;

V^3 = média dos cubos da velocidade.

Para a obtenção dos valores de velocidade nas alturas de 50, 80 e 100m respectivamente, foi utilizada a seguinte equação matemática (QUASCHNING, 2005):

$$(V1/V2) = \ln(H1/Z0)/\ln(H2/Z0) \quad \text{[Eq 02]}$$

Manipulando a fórmula isola-se a V_2 , à qual se deseja estipular, e assim faz-se uma estimativa. A rugosidade do terreno foi obtida através do Mapa de rugosidade do Brasil no portal online do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica – CRESESB.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As localidades onde os ventos apresentam velocidades médias abaixo de 2,5m/s não são propícias para a exploração eólica, pois para o acionamento das máquinas são necessários ventos com velocidade mínima entre 2,5 e 4,0 m/s. Com o aumento dessa velocidade, a potência no eixo do gerador também irá aumentar, condicionando

assim o bom desempenho do empreendimento à velocidade dos ventos na região. Desta forma, o limitante inicial dos estudos é a baixa velocidade dos ventos, posto que os aerogeradores contam com mecanismos de segurança para altas velocidade de ventos, impedindo que a potência gerada pela velocidade ultrapasse a potência nominal do gerador ao atingir a velocidade de corte.

Diante do exposto acima, conclui-se que o único município que atende aos requisitos mínimos de velocidades é Ubajara, que apresenta uma velocidade mínima média mensal de 3,27 m/s, exatamente na faixa mínima exigida para aerogeradores. A média mínima anual alcançou um valor e 2,20 m/s, o que se aproxima do valor mínimo de 2,5 m/s. Essa variação inferior pode ser atribuída aos dados que faltaram por indisponibilidade em alguns meses do período avaliado. Tal premissa é um indicativo de potencial eólico em Ubajara, contudo, para uma possível implantação de campos eólicos na região seria necessário a coleta de dados específicos para este fim, de forma periódica e duradoura.

As figuras 1,2,3 e 4 apresentam a variação da densidade do potencial eólico dos municípios estudados da região noroeste e sul nos anos de 2013 à 2016, respectivamente, com velocidades estimadas a 10, 50, 80 e 100m.

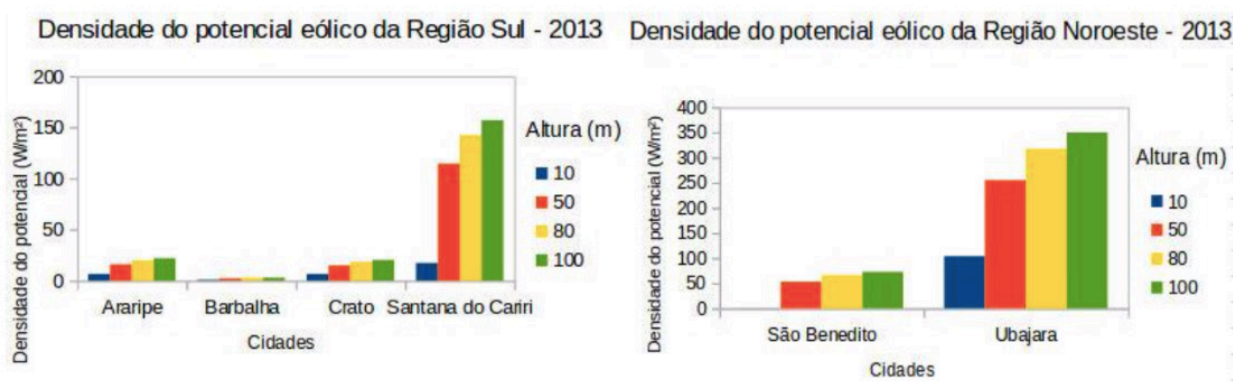


Figura 1: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2013

Fonte: Elaborado pela autora

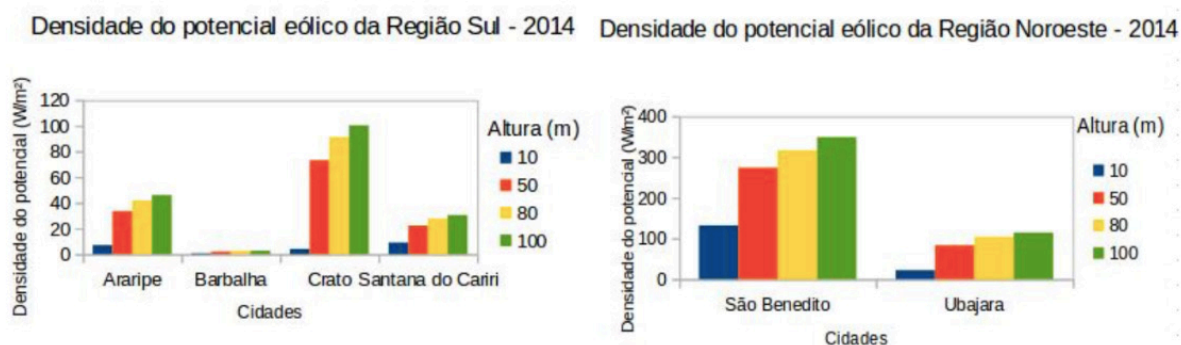


Figura 2: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2014

Fonte: Elaborado pela autora

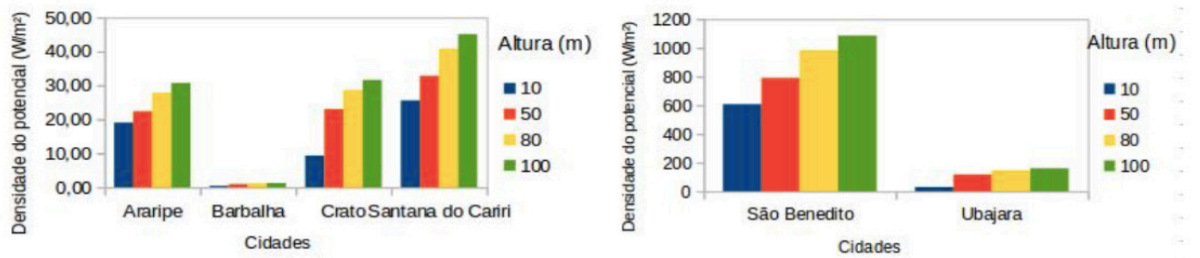


Figura 3: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2015

Fonte: Elaborado pela autora

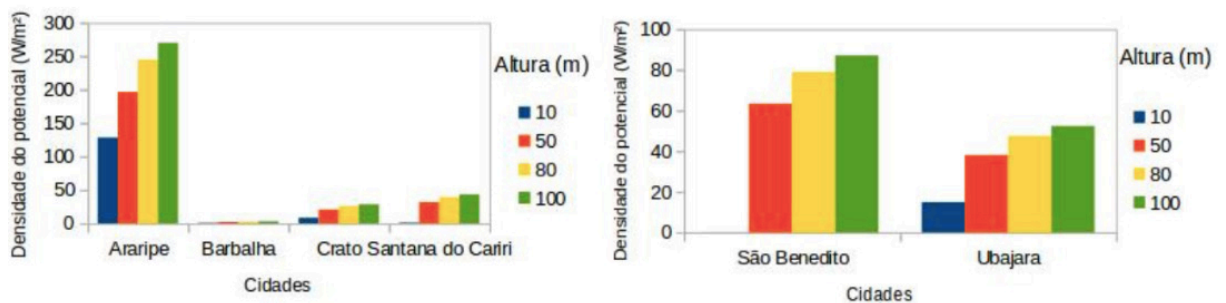


Figura 4: Gráfico Densidade do Potencial Eólico Regiões Sul e Noroeste – Ano 2016

Fonte: Elaborado pela autora

A plotagem dos resultados em gráficos permite uma melhor visualização dos resultados apresentados por região estudada. As figuras tratam do potencial eólico para as medições na altura de 10 metros e suas demais estimativas para 50, 80 e 100 metros do solo. A região noroeste do estado se destaca com os melhores números de densidade de potencial eólico, principalmente por alguns valores elevados de pico observados em São Benedito no ano de 2015, e suas constâncias elevadas ao longo do período de 4 anos analisados para os dois municípios. É notável que em três dos quatro anos estudados, este potencial ficou acima ou próximo aos 100 W/m² nas alturas iguais e superiores a 50 metros e registrando uma média mínima superior a 40 W/m².

Os municípios estudados da região sul do estado apresentaram médias consideravelmente inferiores às da região noroeste. Nenhuma das localidades apresentaram valores acima de 100 W/m² por dois ou mais anos. Destacam-se somente, nos quatro anos relevados, potencial elevado em Santana do Cariri em 2013, com valores para as maiores alturas próximos a 150 W/m², e Araípe em 2016, com valores próximos a 200W/m² para 50 metros, e cerca de 300 até 80 metros de altura. A falta de regularidade de bons resultados para o potencial eólico, desconsidera a região como eventual área a ser explorada pela atividade de geração de energia elétrica a partir de aerogeradores.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos após a leitura dos dados, a realização dos cálculos e as formulações gráficas, exprimem a importância de um estudo aprofundado e extenso, assim também como análises direcionadas para o comportamento dos ventos, objetivando a efetiva conclusão do potencial eólico de uma região. A análise dos ventos no período apresentado nesta pesquisa revela que ambas as regiões apresentam inconsistências relevantes, uma mais do que outra.

A região Noroeste apresenta um potencial eólico mais elevado, ainda assim, com alterações expressivas de um ano para o outro, o que compromete diante dos dados apresentados, efetivação e execução de um projeto eólico. Em contrapartida, diante de bons resultados em alguns períodos, inclusive com média anual elevada, um estudo aprofundado com instalações de unidades de medições específicas que garantem precisão nos dados, seria interessante para a comprovação do método de aproximação utilizado neste trabalho e, principalmente, identificar mais uma possível região de geração de energia renovável no estado do Ceará.

As inconstâncias e disparidades de alguns resultados podem ser decorrentes da ausência de alguns dados por parte da fonte, e expressam numérica e graficamente a imprescindibilidade da extensa coleta de dados anemométricos para fundamentar um padrão de pesquisa eficaz. Um estudo mais extenso aproxima-se da realidade ambiental presente na região.

AGRADECIMENTOS

A Pro-Reitoria de Extensão Arte e Cultura (PROEX), Pro-Reitoria de Políticas Afirmativas e Estudantis (PROPAE), Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG), Unidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB).

REFERÊNCIAS

ALICE MESQUITA; INAIÁ CARVALHO JOSÉ SANTOS; PHYLIPPE SANTOS. **Estimativa de potencial eólico para geração de energia elétrica na região serrana do estado do Ceará.** Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/1651>. Acesso em: 10 mai 2017.

CRESESB. **Atlas do potencial eólico brasileiro.** Brasília: 2001. Acesso em: 05.de jun 2017.

IBGE. **Mapas.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05. jul 2017

IPECE. **Perfil básico municipal 2011.** Disponível em:< http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico>. Acesso em: 08. jul 2017.

ONS. **Operador Nacional do Sistema Elétrico.** Disponível em:<<http://ons.org.br/Paginas/Noticias/2018-geracaoeolicane.aspx>>. Acesso em: 25 jul 2017.

WOBBEN. Disponível em: <<http://www.wobben.com.br/pagina-inicial/>>. Acesso em: 25 jun 2017.

INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS

Nandeyara de Oliveira Costa

UNIFACIG-Centro Universitário

Manhuaçu - Minas Gerais

Millena Gabriela Gualberto de Souza

UNIFACIG-Centro Universitário

Chalé - Minas Gerais

Glaucio Luciano de Araújo

UNIFACIG -Centro Universitário

Manhuaçu- Minas Gerais

Marcela Moreira Couto

UNIFACIG -Centro Universitário

Abre Campo- Minas Gerais

população universitária, checando as possíveis variáveis que podem influenciar na aceitação e consumo destes produtos, para alcançar este objetivo foram estruturados questionários e aplicados em amostras da população e posteriormente analisados estatisticamente.

PALAVRAS-CHAVE: Papel reciclado; Consciência ambiental; Reciclagem; Sustentabilidade.

RESEARCH ON THE IMPORTANCE AND UTILIZATION OF RECYCLED PAPER IN A HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: With the increase in population and technological advances, the consumption of paper was raised considerably. The lack of sustainable planning reflects the various problems related to the exploitation of natural resources for the growing production of paper. With environmental problems in mind, many researchers have created forms of paper recycling that culminate in saving natural resources, however it was necessary to know if there is environmental awareness and acceptance of these products by consumers. In view of these facts, the objective of this research was to verify the acceptance and consumption of recycled paper products in a university

RESUMO: Com o aumento da população e adventos tecnológicos, o consumo de papel foi elevado consideravelmente. A falta de planejamento sustentável reflete os diversos problemas relacionados à exploração de recursos naturais para a produção crescente de papel. Tendo em mente os problemas ambientais, muitos pesquisadores criaram formas de reciclagem de papel que acabam por culminar em economia de recursos naturais, no entanto foi necessário saber se existe consciência ambiental e aceitação destes produtos por parte dos consumidores. Diante destes fatos, o objetivo desta pesquisa foi verificar a aceitação e consumo de produtos confeccionados de papel reciclado em uma

population, checking the possible variables that may influence the acceptance and consumption of these products, to achieve this objective were structured questionnaires and applied in samples of the population and subsequently analyzed statistically.

KEYWORDS: Recycled paper; Environmental awareness; Recycling; Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

Diante dos grandes problemas ambientais, surge a necessidade de se criar medidas para minimizar e/ou reverter tal quadro, dentre essas ações, encontra-se à reciclagem. No entanto, a efetivação dessas atitudes é complexa e boa parte da população não têm consciência ambiental. Assim, conscientizá-los e priorizar à sustentabilidade é fundamental.

Por meio de atividades simples do dia a dia, como o reaproveitamento do papel, é possível reduzir os efeitos causados pelo desperdício e consumo exagerado do mesmo. De acordo com o relatório da Indústria Brasileira de Árvores - Ibá (2017), o Brasil está entre os principais produtores de celulose, papel e painéis de madeira do mundo, no entanto, segundo Ferraz (2009) no país apenas 37% do papel produzido é destinado para a reciclagem, de todo o papel reciclado, 80% são designados à confecção de embalagens, 18% para papéis sanitários e apenas 2% para impressão.

Ainda conforme o mesmo autor, para produzir 1 tonelada de papel são necessárias 2 a 3 toneladas de madeira, grande quantidade de água (mais do que qualquer outra atividade industrial), e muita energia (na lista das que mais consomem energia está em quinto lugar). Além disso, a utilização de produtos químicos altamente tóxicos na separação e no branqueamento da celulose também representa um sério risco para a saúde humana e para o meio ambiente, comprometendo a qualidade da água, do solo e dos alimentos (FERRAZ, 2009).

A maior parte da composição do papel é constituída de celulose, que é a matéria prima mais importante no processo, além de inúmeros outros insumos não fibrosos, dependendo da finalidade e do tipo de papel. A celulose é um composto natural existente nos vegetais, podendo ser encontrada nas raízes, tronco, folhas, frutos e sementes (PIOTTO, 2003).

Na última década a produção nacional de celulose aumentou em 7,6 milhões de toneladas, o que representa uma taxa anual de crescimento de 5,3%. Este aumento se deu pela expansão das exportações para países da Europa e para a China, em contrapartida, o consumo interno apresentou pouca variação. Com relação ao segmento de papel, a produção registrou alta de 1,7% ao ano no período, impulsionada pela demanda interna, que cresceu à taxa média de 1,5% ao ano, no entanto nos dois últimos anos houve desaceleração (IBÁ, 2017).

O crescimento da produção de papel e a busca por melhores produtos levaram as indústrias de papel a gerar grandezas consideráveis de resíduos, culminando em um problema tanto ambiental quanto econômico para a sociedade (PINHEIRO, 2008).

Nesse contexto, acrescenta Bellote et al. (1998) que as fábricas de papel e celulose se deparam com problemas ambientais, devido à grande quantidade de resíduos gerados, aproximadamente 48 t de resíduos para cada 100 t de celulose produzida. A opção por aterro sanitário para a disposição final destes resíduos é inviável, em função dos altos custos para sua implantação e manutenção além da exigência de cuidados especiais no manuseio, tendo em vista os riscos de contaminação ambiental.

O meio acadêmico é um dos principais consumidores de papel. Desta forma, esta pesquisa buscou entender o comportamento de uma comunidade acadêmica e pessoas ligadas a mesma, situada na região do Caparaó em Minas Gerais. O objetivo deste estudo é analisar os fatores que levam alunos, professores e outras pessoas associadas a sociedade acadêmica a reciclar, entendendo a importância que os mesmos apresentam para a sustentabilidade, além de apurar a aceitação de produtos derivados de papel reciclado.

2 | METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho foi utilizado uma pesquisa de natureza aplicada com abordagem quantitativa, descritiva com o levantamento de dados por meio de um questionário (Apêndice A) online da plataforma Google Forms. O questionário foi aplicado a 130 pessoas no período de 20 de maio de 2018 a 17 de junho de 2018. Posteriormente, os dados foram analisados gerou-se uma matriz de correlação de Pearson. As correlações foram consideradas relevantes quando as mesmas eram maiores que 0,25 ou menores que -0,25.

Caracterizada como Matrix Plots no software estatístico Minitab, a matriz de correlação consiste em uma matriz bi-dimensional composta por gráficos correlacionados as diversas variáveis entre si, sendo útil para visualizar de forma imediata as potenciais correlações entre duas variáveis, dentro de todas as variáveis envolvidas (MINITAB, 2000 citado por NASSER JUNIOR, 2010).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico da Figura 1 mostra a estratificação por gênero dos indivíduos participantes da pesquisa.

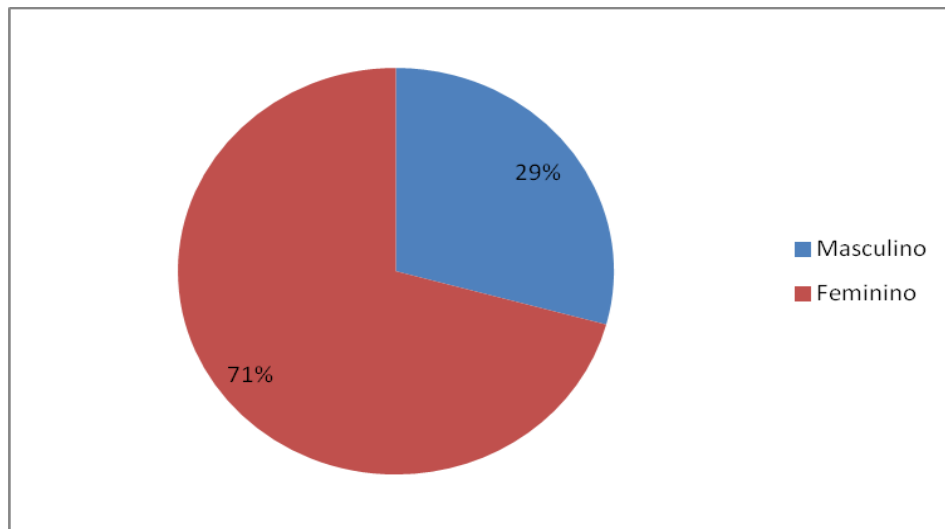


Figura 1: Percentual de homens e mulheres participantes da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores

No gráfico da figura 2, é apresentado a faixa etária dos entrevistados, onde predominou a idade entre vinte e trinta anos.

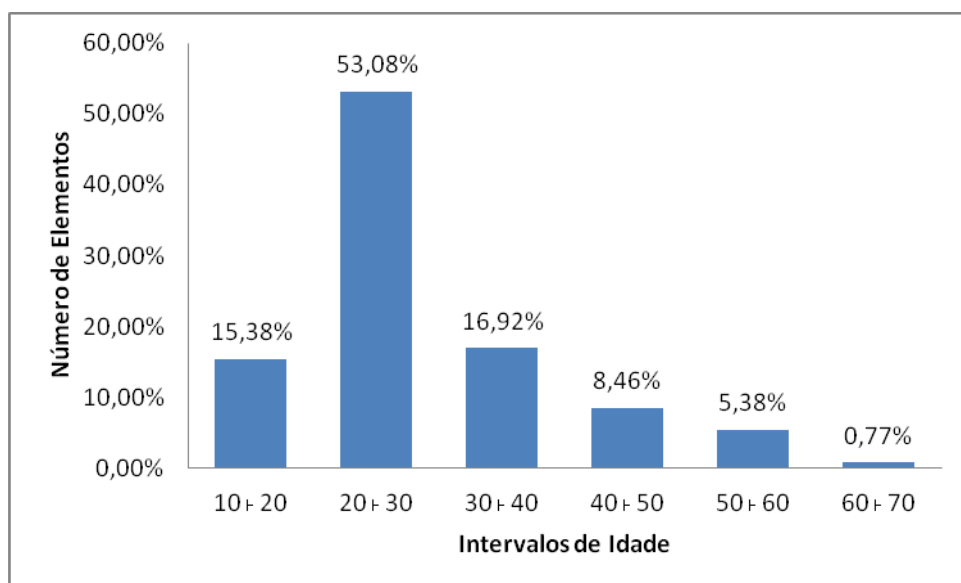


Figura 2: Faixa etária dos entrevistados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Perguntas utilizadas na matriz de correlação

1. Qual a sua idade?
2. Qual importância você vê na reciclagem de papel?
3. Com que frequência você busca meios de reaproveitar os papéis que você utiliza?
4. Em média quantos quilos de papel você consome durante 1 ano?
5. Qual importância você daria se, na instituição que você estuda tivesse um

sistema de reciclagem de papel?

6. Você acha importante por parte da sua instituição de ensino reciclar papel?

7. Você separaria um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem de papel

8. Com que frequência, ao imprimir materiais para uso na faculdade, você busca economizar papel?

9. Se tiver ao seu alcance um sistema de reciclagem de papel, qual importância você daria a ele?

10. Com que frequência você dá preferência a utilizar produtos advindos da reciclagem de papel?

A matriz de correlação foi utilizada para medir o grau interesse dos entrevistados com relação ao reaproveitamento do papel na sociedade acadêmica.

Matrix de Correlações	Qual a sua idade?	Qual importância você vê na reciclagem de papel	Com que frequência você busca meios de reaproveitar os papéis que você utiliza?	Em média quantos quilos de papel você consome durante 1 ano?	Qual importância você daria se, na instituição que você estuda tivesse um sistema de reciclagem de papel?	Você acha importante por parte da sua instituição de ensino reciclar papel?	Você separaria um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem de papel	Com que frequência, ao imprimir materiais para uso na faculdade, você busca economizar papel?	Se tiver ao seu alcance um sistema de reciclagem de papel, qual importância você daria a ele?	Com que frequência você dá preferência a utilizar produtos advindos da reciclagem de papel?
Qual a sua idade?	1,00									
Qual importância você vê na reciclagem de papel	0,14	1,00								
Com que frequência você busca meios de reaproveitar os papéis que você utiliza?	0,28	0,02	1,00							
Em média quantos quilos de papel você consome durante 1 ano?	-0,07	0,03	-0,03	1,00						
Qual importância você daria se, na instituição que você estuda tivesse um sistema de reciclagem de papel?	0,11	0,16	0,15	-0,24	1,00					
Você acha importante por parte da sua instituição de ensino reciclar papel?	0,07	0,47	0,10	-0,13	0,72	1,00				
Você separaria um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem de papel	0,21	0,17	0,46	-0,07	0,33	0,33	1,00			
Com que frequência, ao imprimir materiais para uso na faculdade, você busca economizar papel?	0,29	0,14	0,39	-0,07	0,20	0,32	0,47	1,00		
Se tiver ao seu alcance um sistema de reciclagem de papel, qual importância você daria a ele?	0,17	0,41	0,19	-0,19	0,37	0,58	0,42	0,41	1,00	
Com que frequência você dá preferência a utilizar produtos advindos da reciclagem de papel?	0,28	0,23	0,41	-0,01	0,11	0,17	0,46	0,29	0,28	1,00

Figura 3: Matriz de Correlação

Fonte: Elaborado pelos autores

Coluna 1

De acordo com a matriz de correlação, a importância dada à reciclagem de papel não está correlacionada com a idade.

A frequência com que a pessoa busca reaproveitar papéis tem correlação positiva com a idade, desta forma quanto mais idade as pessoas possuem maior quantidade de papel elas buscam reaproveitar. A importância dada para reciclagem de papel na instituição de ensino estudada, se a mesma tivesse um sistema de reciclagem não apresentou correlação significativa com a idade.

A importância dada ao fato de a instituição possuir um sistema de reciclagem de papel não apresentou correlação positiva com a idade. No entanto, este ponto deve ser trabalhado, pois de que vale um sistema de reciclagem, se os indivíduos não dão a devida importância a ele.

A idade não apresentou correlação significativa com o tempo separado pelos indivíduos para tarefas relacionadas à reciclagem de papel, mas existem indícios de que quanto mais velhos os indivíduos maiores é a disponibilidade de tempo dedicado a esta atividade.

Dependendo do curso de graduação os elementos da pesquisa utilizam muito material impresso, o que gera demasiado material a ser descartado indevidamente. De acordo com os dados levantados, a frequência com que as pessoas buscam economizar papel no momento de realizar suas impressões está correlacionado positivamente com a idade dos indivíduos. Desta forma, quanto maior a idade, maior a consciência de economia no momento de realizar impressões.

A idade não apresentou correlação significativa com a relevância dada ao sistema de reciclagem caso o mesmo estivesse ao alcance dos indivíduos, isso não quer dizer que os indivíduos não acham importante o sistema caso ele esteja disponível, só diz que a idade não exerce influências sobre o fato.

Uma correlação importante é a apresentada entre a idade e a preferência em utilizar produtos reciclados, desta forma quanto maior a idade, maior é a frequência com que as pessoas dão preferência aos produtos reciclados.

Coluna 2

A importância vista na reciclagem de papel teve baixa correlação com a frequência que as pessoas buscam reaproveitar o papel já utilizado.

A importância dada em reaproveitar o papel com relação a ter um sistema de reciclagem na instituição obteve correlação positiva.

Obteve se um resultado com alta correlação se tratando da importância dada pelas pessoas em reciclar papel na instituição.

Embora as pessoas considerem importante reciclar papel, o número de pessoas

que separariam um tempo para se dedicar a reciclagem do mesmo é baixa, tendo pouca significância por parte das pessoas que buscam economizar papel ao imprimir materiais para faculdade.

Outro resultado relevante é que existe uma correlação significativa de pessoas que consideram importante a reciclagem de papel, caso tivesse ao seu alcance um sistema de reciclagem de material impresso, porém baixo demanda de produtos advindos da reciclagem de papel.

Coluna 3

A frequência com que a pessoa busca reaproveitar os papéis que utiliza, representa importância se na instituição tivesse um sistema de reciclagem de papel, para pessoas que acham relevante por parte da instituição reciclar papel, a correlação foi baixa, o que chama a atenção é que muitas pessoas separaria um tempo do dia para se dedicar a reciclagem de papel e uma correlação um pouco menor em relação à anterior busca economizar papel ao imprimir materiais para uso na faculdade, de acordo com os dados da pesquisa as pessoas dariam maior importância caso tenham ao seu alcance um sistema de reciclagem e um número considerável de pessoas utilizariam os produtos advindos da reciclagem de papel.

Coluna 4

Considerando a média de papel consumido durante um ano, a correlação não foi relevante para a pesquisa.

Coluna 5

O valor dado para a instituição que tem um sistema que recicla papel em relação aos usuários que acha importante por parte da instituição reciclar, teve um resultado significativo. O que significa que um sistema de reciclagem na instituição é bem visto e com grande possibilidade de utilização para descartar o material que fica parado ou descartado em local impróprio. Tendo boa porcentagem de pessoas que separariam um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem de papel, porém o número de pessoas que buscam maneiras de economizar papel de uso na faculdade foi baixo, o número é maior caso houvesse um sistema de reciclagem na instituição. Mas o que chama atenção e que apesar do apoio a reciclagem e as formas de coleta de papel, o número de pessoas que utilizariam um produto advindo da reciclagem foi baixo.

Coluna 6

Ao analisar a importância dada para a instituição de ensino que recicla papel e a pessoa que separaria um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem obteve alta correlação, a frequência de pessoas que economizariam papel para imprimir material para faculdade teve baixa correlação, e um número considerável de pessoas daria

importância para um sistema de reciclagem, mas infelizmente o número de pessoas que utilizariam produtos advindos da reciclagem é baixo.

Coluna 7

De acordo com a matriz um sistema de reciclagem ao alcance, teve correlação importante entre a frequência que as pessoas buscam economizar papel ao imprimir materiais para faculdade.

A frequência que as pessoas utilizariam produtos advindos de papel mostrou baixa importância em relação a frequência que as pessoas buscam economizar papel na impressão de materiais para faculdade.

Coluna 8

A preferência das pessoas ao utilizar produtos advindos de papel teve baixa correlação com a possibilidade de ter ao alcance um sistema de reciclagem de papel. O que significa que mesmo com um sistema de reciclagem ao alcance das pessoas e as mesmas tendo consciência do quão é importante reciclar, os produtos derivados da reciclagem não tem muita demanda.

4 | CONCLUSÃO

Com base na análise dos dados, pode-se perceber com a pesquisa, que a comunidade acadêmica tem baixa adesão de produtos advindo da reciclagem de papel, porém se preocupam com o meio ambiente e buscam formas para reaproveitar o mesmo, o que pode explicar tal ocorrido é a falta de incentivo para adquirir produtos reciclados e, sobretudo, os aspectos físicos do produto que muitas vezes não agrada ao consumidor.

A matriz de correlação mostrou que muitas pessoas acham importante a reciclagem de papel por parte da instituição de ensino e que separariam um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem do mesmo. Sendo assim, para projetos futuros seria relevante implantar uma usina de reciclagem e pontos de coleta de papel dentro da instituição, contudo, criar formas de incentivo como a bonificação para que os alunos se envolvam de fato com a causa.

REFERÊNCIAS

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H.D. da; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G. de C. **Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais**, 1998. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/282198/1/abellote.pdf>. Acesso em: 28 set 2018.

FERRAZ, José Maria Gusman. **O papel nosso de cada dia**. Artigos Técnicos-Científicos Embrapa, Jaguariúna, 2009. Disponível em: http://webmail.cnpm.embrapa.br/down_hp/408.pdf. Acesso em: 11 out 2018.

NASSER JUNIOR, Roberto. **Otimização das colunas de absorção da recuperação de acetona na produção de Filter Tow por meio de estudos fenomenológicos e análise estatística**. 2010. 223 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-18122009-141222/pt-br.php>. Acesso em: 27 out 2018.

PINHEIRO, R. M. et al. **Reciclagem de lodo primário da estação de tratamento de efluentes da indústria de papel em cerâmica argilosa**. Revista Matéria, v. 13, n. 1, pp. 220 – 227, 2008. Disponível em: <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10987/10987.pdf>. Acesso em: 28 set 2018.

PIOTTO, Zeila Chiottolina. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel - Estudo de Caso**. 2003, São Paulo. p. 148. Disponível em: http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/teses/tese_zeila_c_piotto.pdf. Acesso em 28 set 2018.

Relatório Ibá - Indústria Brasileira de Árvores, 2017. Disponível em: https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 28 set 2018.

APÊNDICE A

Questionário de Pesquisa Sobre Reciclagem de Papel

Este questionário faz parte de uma pesquisa de iniciação científica. Não leva mais que 5 minutos para respondê-lo e pode nós ajudar com muitas informações. Desde já agradecemos sua participação.

***Obrigatório**

1. Qual seu sexo?

**Marcar apenas uma oval.*

- Masculino
 Feminino
 Prefiro não informar

2. Você faz parte de uma sociedade acadêmica? * Marcar apenas uma oval.

Sim Não

3. Se respondeu sim na questão anterior, informe que tipo de membro você é nesta sociedade:

**Marcar apenas uma oval.*

Professor Aluno

Técnico administrativo

Outro _____

4. Qual a sua idade? *

As questões abaixo referem se a importância da reciclagem de papel no meio em que vivemos.

5. Qual importância você vê na reciclagem de papel (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância)

*Marcar apenas uma oval.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. Com que frequência você busca meios de reaproveitar os papéis que você utiliza? (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma frequência e 10 maior frequência)

*Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. Em média quantos quilos de papel você consome durante 1 ano? *

8. Qual importância você daria se, na instituição que você estuda tivesse um sistema de reciclagem de papel? (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância)

*Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

9. Você acha importante por parte da sua instituição de ensino reciclar papel? (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância)

*Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

10. **Você separaria um tempo do seu dia para se dedicar a reciclagem de papel (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância)**

**Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. **Em relação à sua graduação. Qual seu consumo de papel? * Marcar apenas uma oval.**

Alto

Médio

Baixo

Insignificante

12. **Com que frequência, ao imprimir materiais para uso na faculdade, você busca economizar papel? (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância)**

** Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questionário de Pesquisa Sobre Reciclagem de Papel

13. **Se tiver ao seu alcance um sistema de reciclagem de papel, qual importância você daria a ele? (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma importância e 10 maior importância)**

**Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. **Com que frequência você dá preferência a utilizar produtos advindos da reciclagem de papel? (Marque de 0 a 10, sendo 0 nenhuma frequência e 10 maior frequência)**

**Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Como é o consumo de papel por parte do corpo docente do curso que você cursa, ou no caso de ser professor no curso que você atua?

**Marcar apenas uma oval.*

Alto

Médio

Baixo

Insignificante

Powered

 Google Forms

UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL

Olaf Graupmann

UNC – Universidade do Contestado.
Departamento de Engenharia Civil.
Mafra SC.

Susan Hatschbach Graupmann

UNIGUAÇU – Centro Universitário de União da
Vitória. Departamento de Arquitetura. União da
Vitória PR.

RESUMO: Para aproveitamento de diferentes materiais a Engenharia Civil vem buscando alternativas para evitar a degradação do meio ambiente. Objetiva-se estudar a possibilidade de utilização do rejeito da fabricação de papel e celulose para a fabricação de argamassa sendo utilizada como substituto parcial da cal. Sendo esta pesquisa bibliográfica com busca de fontes impressas e online para comparar resultados já pesquisados. Portanto, da incineração de resíduos de papel e celulose poderá ser utilizado como matéria prima na composição cimentícia destinada na composição de traço de argamassa para assentamento de alvenarias, bem como na utilização para acabamento de paredes como emboço e revestimento cerâmico.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil. Cinza. Celulose.

ABSTRACT: For the use of different materials Civil Engineering has been looking for

alternatives to avoid the degradation of the environment. The objective of this study was to study the possibility of using the paper and cellulose waste for the manufacture of mortar being used as a partial substitute for lime. Being this bibliographic search with search of printed and online sources to compare results already searched. Therefore, the incineration of waste paper and cellulose can be used as a raw material in the cement composition intended for the composition of mortar trace for laying of masonry, as well as in the use for finishing walls such as plaster and ceramic coating.

KEYWORDS: Civil Construction. Grey. Cellulose.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a área da engenharia civil, está buscando desenvolver novos materiais alternativos para aproveitamento de resíduos industriais proporcionando melhoria na degradação do meio ambiente. Infere-se que Resíduo é o material descartado na cadeia de produção que não podem ser utilizados para outra finalidade podendo causar impactos ao meio ambiente se manejados de forma incorreta (CETESB, 1985). Castilho et al (1996) apresenta que alguns materiais alternativos podem apresentar vantagens ecológicas, e assim

contribuir reduzindo custos na construção civil. Depara-se com a grande produção de celulose no Brasil, abrindo espaço para pesquisas e discussões acerca da disposição correta dos rejeitos gerados. Com a produção de 1,0 tonelada de celulose, produz 0,268 tonelada de resíduo sólido segundo Cenibra (2010), isto nos remete a uma busca para a destinação correta do mesmo. Uma alternativa almejada pela construção civil é a utilização desses resíduos em argamassa e concretos para que reduza custos e a criação de novos produtos. Paiva (2007) apresenta que a partir da análise química do rejeito é possível levantar possibilidades de reaproveitamento dentro da legislação vigente. OBJETIVOS: Estudar a possibilidade de utilização do rejeito da fabricação de papel e celulose para a fabricação de argamassa sendo utilizada como substituto parcial da cal.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa tem cunho bibliográfico no qual foram pesquisados em artigos, livros e revistas, bem como laudos e pareceres que contemplem dados, resultados de pesquisas já realizadas que apontam a possibilidade da utilização de cinza com grande concentração de SiO₂ 15,32% (dióxido de silício, também conhecido como sílica) CaO 48,77 % (óxido de cálcio). RESULTADOS: O material estudado possui as seguintes composições químicas: SiO₂ 15,32%; Al₂O₃ 7,00%; Fe₂O₃ 0,50%; CaO 48,77 %; Na₂O 0,20%; K₂O 0,37%; MgO 1,07%; MnO menos que 0,05%; TiO₂ 0,23%; P₂O₅ 0,25%; P.F. 26,28%. Sendo que os elementos com maior quantidade são Si; Ca. Segundo Relatório de Ensaio nº72/2014 (UNESC) o resíduo de cinza do rejeito de celulose e papel é classificado como Classe I perigoso e de acordo com a ABNT NBR 10004 de 2004 letra a do item 4.2.1.2 corrosividade, é classificado como corrosivo e portanto, classe I perigoso.

CONCLUSÕES

Apresentado pelo Relatório Técnico do FIESC/SENAI o material cinza resultante da incineração de resíduos de papel e celulose poderá ser utilizado como matéria prima na composição cimentícia destinada na composição de traço de argamassa para assentamento de alvenarias, bem como na utilização para acabamento de paredes como emboço e revestimento cerâmico podendo ser utilizado até 25% de rejeito de celulose e papel em substituição a cal no traço da argamassa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação, Rio de Janeiro, 2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Resíduos sólidos industriais**. São Paulo.

CETESB; ASCETESB, 1985. CASTILHO J. A. B. et al. **Diagnóstico de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina**: perspectivas de valorização na construção civil. In: Workshop Reciclagem e Reutilização De Resíduos Como Materiais de Construção Civil, 1996, São Paulo. Anais... São Paulo, p. 71-78. 1996.

CENIBRA – **Celulose Nipo-Brasileira S/A**. Relatório de sustentabilidade, jun. 2010. Disponível em: Acesso em: 04 out. 2017.

PAIVA, S. N. **Compósito cimento-lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil**. 2007. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

RELATÓRIO DE ENSAIO N°72/2014. **Análises de caracterização e classificação de resíduos sólidos**. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Teresinha Lúcio, responsável técnica. Criciúma, 2014.

RELATÓRIO TECNICO PROJETO PRÓ-PESQUISA. **Estudo de aplicabilidade de rejeito sólido proveniente do processamento de papel e celulose**. FIESC/SENAI. Responsável técnico: Rosaura Piccoli, M. Sc. Criciúma, 2015.

PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA

Ana Luiza Enders Nunes Vieira

Docente no Instituto Federal Farroupilha (IFFar),
Campus Santa Rosa
Santa Rosa – Rio Grande do Sul

RESUMO: O debate mundial sobre a sustentabilidade foi iniciado na década de 1970 e, a partir de então, foram desenvolvidas diversas práticas para minimizar os impactos ambientais resultantes das atividades antrópicas. Com o passar do tempo, as soluções corretivas foram gradualmente substituídas por medidas de caráter preventivo, melhorando o desempenho ambiental de produtos e serviços. O setor de produção de móveis apresenta um grande potencial de mitigação de impactos ambientais, especialmente na fase de projeto do produto. Nesse sentido, os docentes do curso Técnico em Móveis do Instituto Federal Farroupilha – Campus Santa Rosa, lançaram um desafio aos alunos: projetar uma luminária através do método de criação da Lattoog, que mescla referências projetuais. O objetivo principal foi a investigação das possibilidades de reutilização de resíduos de madeira do Laboratório de Móveis em busca das vantagens econômicas e ambientais. Entre os 17 protótipos confeccionados pela turma estava a luminária *Slat*. Produzida reutilizando as aparas que sobraram do refilamento de tábuas, apresentou

não só um resultado satisfatório em termos ambientais, mas também em termos estéticos, funcionais e econômicos.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade, reaproveitamento, móveis.

TABLE LAMPS PRODUCED FROM WOOD WASTE

ABSTRACT: The global discussions on sustainability started in the 1970s and, since then, many practices were developed to reduce the environmental impacts of human activities. Over time, preventive actions took the place of corrective solutions, improving the environmental performance of products and services. The furniture industry has great potential for mitigating environmental impacts, especially in the design stage. In this sense, the teaching staff of the Technical Course in Manufacture of Furniture, at Instituto Federal Farroupilha - campus Santa Rosa, launched a challenge to students: design a table lamp through Lattoog's creation method, blending projective references. The main objective was to investigate the possibilities for reuse of wood waste from furniture Laboratory in pursuit of economic and environmental advantages. Among the 17 prototypes made by the group was the Slat table lamp. Produced by reusing the shavings left over from clapboards alignment

process, presented not only a satisfactory result for the environment, but also in aesthetic, functional and economic terms.

KEYWORDS: sustainability, reuse, furniture.

1 | INTRODUÇÃO

Na década de 1970, com o reconhecimento dos efeitos do descompasso entre o crescimento econômico, desenvolvimento científico-tecnológico e efeitos ambientais, se iniciou um debate mundial sobre a sustentabilidade e, a partir dele, o desenvolvimento de práticas que visam harmonizar o equilíbrio no uso dos recursos naturais com o desenvolvimento de produtos e serviços. (VEZZOLI, 2007, *apud* AZEVEDO, 2011, p.32)

Booth e Plunkett (2015, p.122), afirmam que nos últimos anos, a sustentabilidade se tornou um dos fatores na seleção de materiais que não pode (ou não deveria) ser ignorado. Os processos de fabricação, seus consumos de água e combustíveis fósseis, que são utilizados tanto na produção quanto no transporte, e os dejetos gerados que derivam da produção também são fatores cruciais na equação.

No momento da escolha, devemos investigar a possibilidade reutilizar materiais ou utilizar materiais reciclados. Segundo Moxon (2012, p.95), o reuso previne que materiais existentes sejam descartados em aterros e poupa energia e água incorporadas que teriam sido necessárias para produzir novos materiais.

A madeira e outros produtos naturais, como bambu, cortiça, algodão [...], são materiais orgânicos, fibrosos e compósitos. Eles apresentam diversas qualidades, inclusive resistência e rigidez, e podem ser reciclados e renovados se suas fontes forem corretamente geridas; além disso, têm características que podem ser atraentes aos nossos sentidos, como texturas e cores naturais. (BROWN e FARRELLY, 2014, p.148)

A madeira é também o principal material utilizado nas práticas laboratoriais pelos alunos do curso Técnico em Móveis do IFFar – *Campus* Santa Rosa. Com o objetivo de estimular a reutilização de materiais, incentivar o uso de modelos como ferramentas de estudo no processo criativo e proporcionar alternativas de investigação de possíveis entraves no processo de fabricação de um produto, foi realizada a atividade prática profissional integrada (PPI) intitulada “Processo criativo, confecção de modelos e produção de protótipos”.

A PPI foi desenvolvida no segundo semestre de 2015 pela 6ª turma do Curso Técnico em Móveis, que à época cursava o segundo período. Os docentes, então, lançaram aos alunos o desafio de projetar uma luminária seguindo um dos processos de criação apresentados em aula, utilizando como principal matéria prima os resíduos de madeira gerados pelas atividades práticas realizadas no laboratório de móveis. Entre os 17 protótipos confeccionados pela turma estava a luminária *Slat*, desenvolvida pela aluna Rosângela Maria Queiroz, cujo processos de criação e de produção, bem

como os resultados obtidos, são apresentados a seguir.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A atividade foi iniciada na disciplina “Laboratório de Criatividade”, onde a professora Fernanda Conrad Rigo apresentou o método a ser usado no processo de criação: o mesmo desenvolvido por Leonardo Lattavo e Pedro Moog, da Lattoog, para sua coleção *Vira-lata*. A coleção é composta por diversas peças, resultados de um processo ininterrupto de “cruzamentos” entre móveis e objetos que geram terceiras criações.

Na segunda etapa, foi realizado um levantamento dos resíduos de madeira presentes no laboratório de móveis, resíduos estes que são gerados durante aulas práticas. Nesta ocasião, foram identificados os que poderiam ser utilizados de acordo com o tamanho, a quantidade, a aparência e a resistência.

Na terceira etapa da atividade, foi realizada intensa pesquisa de referências projetuais para embasar o conceito do produto e formular os croquis iniciais. No caso da luminária *Slat*, as referências selecionadas foram a Cadeira Favela (Irmãos Campana, 2001) e a Biblioteca Central de Seattle (OMA + LMN, 2004), expostas abaixo (Figuras 01 e 02).



Figura 1. Cadeira Favela

Imagem: BBC.com



Figura 2. Biblioteca Central de Seattle

Imagem: ArchDaily.com.br

A última etapa englobou planejamento e produção, e foi orientada pelos professores Ana Luiza Enders e Lucas Renato Tescke, nas aulas das disciplinas “Maquetes e Modelos” e “Processo de Fabricação II”. O protótipo foi então produzido sob supervisão dos professores e do laboratorista, Sr. Pedro Galina.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caixa de resíduos disponível no laboratório de móveis do IFFar (Figura 3), foi identificada a presença de retalhos de MDF (*medium density fiberboard*, ou chapas

de fibras de madeira de média densidade), aparas de madeiras macias oriundas de coníferas, como pinus e cedrinho, além de sobras de lâminas de madeiras diversas. A serragem e outros resíduos, como retalhos de materiais plásticos e a borra das tintas utilizadas na cabine de pintura, ficam armazenados em coletores distintos, aguardando destinação adequada.

Para compor a estrutura da luminária de mesa *Slat*, foi utilizada uma tela de algodão engomada, presa a uma moldura feita de sobras de MDF (Figura 4). A malha é vazada, o que permite a passagem da luz e remete ao efeito da estrutura metálica com vedação translúcida presente na Biblioteca Central de Seattle.

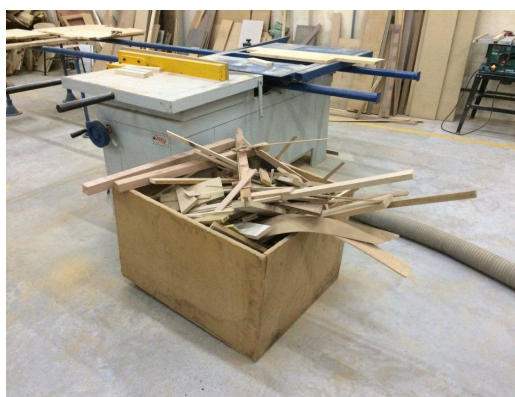


Figura 3. Caixa de resíduos do Laboratório

Imagem: arquivo pessoal



Figura 4. Montagem da estrutura

Imagem: arquivo pessoal

Um giro ousado em torno de um dos vértices, seguido por um discreto “afundamento” na base de madeira pinus, foi proporcionado através da execução de um rebaixo e da fixação de parafusos metálicos. Esse artifício foi responsável pela sensação de movimento - presente também nas obras de referência - e testado com o auxílio do modelo tridimensional elaborado pela aluna (Figura 5), utilizando o *software* Google SketchUp.

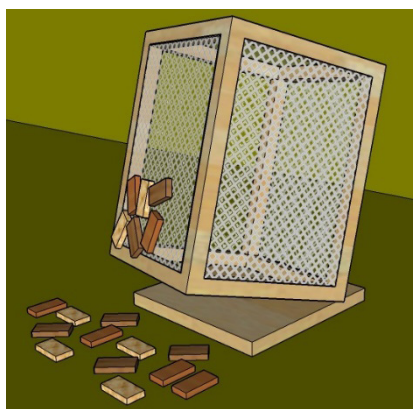


Figura 5. Modelo Tridimensional

Imagem: arquivo pessoal

Para o revestimento da luminária, foram utilizadas as aparas que sobram do processo de refilamento de tábuas de madeira pinus e cedrinho. Daí surgiu a ideia do nome Slat (ripa, em inglês). As aparas foram desdobradas em peças mais finas com a ajuda de ferramentas manuais (formão e martelo) e depois foram unidas com cola para madeira, compondo aglomerações aleatórias, como na Cadeira Favela.

Em alguns pontos o uso da cola poderia ser substituído pela fixação através de encaixes, diminuindo o uso de compostos químicos. De forma compensatória, não houve aplicação de produto para tratamento de superfícies e, portanto, são menores os riscos de poluição ao meio ambiente em caso de descarte do objeto.

Considerando os objetivos definidos na elaboração do conceito para a luminária de mesa Slat, o resultado obtido mostrou-se favorável. Enquanto fonte de luz dispersiva ou difusa, causa efeitos suaves através das sombras projetadas nas superfícies ao seu redor (Figura 6). Quando acesa, oferece intensidade luminosa suficiente apenas para orientação das pessoas no ambiente e, durante o dia, pode ser percebida como objeto decorativo, deixando em evidência as texturas e as cores dos materiais naturais (Figura 7).



Figura 6. Luminária *Slat* ligada

Imagem: arquivo pessoal



Figura 7. Luminária *Slat* desligada

Imagem: arquivo pessoal

Diferentemente dos objetos produzidos em série, a luminária de mesa Slat foi confeccionada com ferramentas manuais e material heterogêneo combinado de forma aleatória, portanto, não há um aspecto estético uniforme e nem precisão dimensional milimétrica. De certa forma, isto traz para a Slat o diferencial dos produtos artesanais: cada exemplar que, porventura, vier a ser produzido, terá características exclusivas.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. S. **Ecoeficiência no design de móveis sob encomenda**. São Paulo, Blücher Acadêmico, 2011. 126p.

BIBLIOTECA Central de Seattle / OMA + LMN. **ArchDaily Brasil**. 21 Jul 2014. Disponível em: <<http://>

www.archdaily.com.br/624269/biblioteca-central-de-seattle-oma-mais-lmn>. Acesso em: 02 dez. 2015.

BOOTH, S.; PLUNKETT, D. **Mobiliário para o design de interiores**. 1ª ed. São Paulo. G. Gili, 2015. 192p.

BROWN, R.; FARRELLY, L. **Materiais no design de interiores**. 1ª ed. São Paulo. G. Gili, 2014. 192p.

GARCEZ, Bruno. Irmãos Campana 'traduzem' Brasil em museu londrino. **BBC Brasil**. 22 Jun 2004. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/cultura/story/2004/06/040621_campanabg.shtml>. Acesso em: 02 dez. 2015.

CADEIRA FAVELA. Westing Home & Living. Disponível em: <<https://www.westwing.com.br/cadeira-favela/>> Acesso em: 02 dez. 2015.

MOXON, Siân. **Sustentabilidade no design de interiores**. 1ª ed. São Paulo. G. Gili, 2012. 192p.

VEZZOLI, C. **System design for sustainability**, 2007. In: AZEVEDO, P. S. **Ecoeficiência no design de móveis sob encomenda**. São Paulo, Blücher Acadêmico, 2011. p.32.

REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS

Marcos Túlio Fernandes

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Josébernon Miguel da Silva

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Henrique Lopes Jardim

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni,
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Alaor Afonso Ramos Soares

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Glaucimar Lima Dutra

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais

RESUMO: Um dos materiais gerados a partir do processo de manutenção de rodovias é o resíduo de fresagem do revestimento asfáltico, sendo em muitos casos um volume considerável. Sendo assim, o presente trabalho teve como intuito avaliar a utilização de material fresado em camadas de base de pavimentos asfálticos flexíveis. Para avaliar a eficiência da incorporação deste material na camada de base foram realizados ensaios de CBR em três misturas, sendo a primeira com 20% de material fresado, 10% de brita 1 e 70% de bica corrida, a segunda com 30% de material fresado, 10%

de brita 1 e 60% de bica corrida, e por fim, a terceira mistura contendo, 20% de material fresado, 10% de brita 1, 68% de bica corrida e 2% de cimento. Os resultados demonstraram que a única mistura que apresentou expansão menor que 0,5% e índice de resistência a penetração maior que 80%, aceitáveis segundo a norma, foram o da mistura com adição de 2% de cimento.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentos Flexíveis, Camada de Base, Material Fresado.

ABSTRACT: One of the materials produced from the process of maintenance of highways is the milled residue of the asphaltic revetment, in many cases a considerable volume. Being so, the present work had as intention valued the use of milled material in basic layers of flexible asphaltic road surfaces. To value the efficiency of the incorporation of this material at the basic layer tests of CBR were carried out in three mixtures, being the first one with 20 % of milled material, 10 % of crushed stone 1 and 70 % of crushed run, the second with 30 % of milled material, 10 % of crushed stone 1 and 60 % of crushed run, and finally, the third mixture containing 20 % of milled material, 10 % of crushed stone 1, 68 % of crushed run and 2 % of cement. The results demonstrated what the only mixture that presented expansion less than 0,5 % and penetration resistance index

bigger than 80 % acceptable according to the standard was that of the mixture with 2% cement addition.

KEYWORDS: Flexible Pavement, Basic layer, Milled material.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o modal predominante no Brasil para locomoção de pessoas e bens. Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte - CNT (2016), o território brasileiro conta com 211.468 quilômetros pavimentados, todavia a qualidade destes pavimentos não atende, em sua maioria, ao padrão de qualidade admissível para segurança e conforto do usuário, enquadrando-se nas características de países subdesenvolvidos, especialmente por exceder a vida útil de projetos originais, tão como, a intensa requisição do tráfego, conduzindo a crescente ênfase para as atividades de recuperação e restauração da malha rodoviária.

Em se tratando de rodovias, novas tecnologias vêm sendo estudadas para reduzir os impactos, tanto na construção como na reabilitação, a qual se pode citar: incorporação de resíduos em camadas de base, como resíduos de construção civil (RDC) e borracha de pneus moída, dentre outros materiais, além da reciclagem de pavimentos, reduzindo a utilização de matéria prima virgem (Specht *et al.*, 2013).

Um dos processos de reciclagem dos pavimentos mais utilizado no Brasil e no mundo é o da fresagem, em que o material é retirado por processos mecânicos, sem a utilização de calor, podendo ser reutilizado posteriormente, mesmo tendo sua estrutura granulométrica alterada e a presença de ligantes envelhecidos na sua composição (Bonfim, 2011).

Segundo Pires (2014), o material fresado está em quase todas as obras de restauração, devendo ser muito bem avaliada a utilização deste material granular em camadas de pavimentação, por se tratar de um material envelhecido que teve suas propriedades iniciais alteradas.

Com base nos dados apresentados, vê-se a necessidade de se estudar a incorporação de material fresado em camadas de pavimentos, visando, além de um ganho econômico, um destino final mais adequado a este material. Para realizar a avaliação da incorporação do material fresado em camadas de base de pavimentos flexíveis, serão realizados ensaios de California Bearing Ratio (CBR) em três misturas, analisando o índice de suporte e a expansão, verificando se os valores encontrados estão dentro dos limites recomendados pela norma do DNIT 141/2010-ES.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Misturas Analisadas

O material fresado utilizado nos ensaios foi doado pela empresa Zag Ltda e obtidos do recapeamento da rodovia BR-116, quilômetro 275. Esta obra de manutenção da rodovia 116 contemplava do Km 207 ao 306, e o tipo de pavimento utilizado era flexível.

Os agregados utilizados como material de base e incorporados nas misturas avaliadas são a bica corrida e brita 1, ambos doados pela pedreira São João Ltda, situada no município de Governador Valadares-MG, para que pudesse ser realizado o experimento.

Na Tabela 1 é apresentada as composições das misturas dos materiais de fresagem, brita 1, bica corrida e cimento, no qual buscou-se variar as porcentagens de cada material definindo três tipos de misturas denominadas de 1, 2 e 3. Assim pode-se avaliar cada mistura, conforme a porcentagem de material, através dos ensaios.

Material	Percentual de cada material		
	Mistura 1	Mistura 2	Mistura 3
Material fresado	20%	30%	20%
Brita 1	10%	10%	10%
Bica corrida	70%	60%	68%
Cimento	-	-	2%

Tabela 1. Composições das misturas.

2.2 Caracterização do Material

A caracterização dos materiais empregados nas misturas, foi realizada através dos ensaios de granulometria, conforme as recomendações da ABNT NBR 7181:1984, e ensaios de compactação, seguindo as recomendações da ABNT NBR 7182:1986.

Os ensaios de granulometria têm por objetivo verificar em qual faixa de trabalho, segundo a norma do DNIT 141/2010-ES, o material se encontra.

Os ensaios de compactação foram realizados para se determinar o peso específico seco máximo e o teor de umidade ótimo, que seria adotado na moldagem dos corpos de prova submetidos aos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (CBR). A energia de compactação utilizada nos ensaios foi a do Proctor Normal, seguindo as recomendações da ABNT NBR 7182:1986.

A partir dos dados do ensaio pode-se traçar a curva de compactação e obter os seguintes parâmetros, expostos na Tabela 2:

Mistura	$w_{\text{ótima}}$	γ_d
1	4,20	2,12
2	4,22	2,05
3	6,20	2,12

Tabela 2. Resumo dos resultados dos ensaios de compactação.

2.3 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

O ensaio, concebido pelo Departamento de Estradas e Rodagem da Califórnia, tem como objetivo medir a resistência à penetração de uma amostra saturada e compactada.

Para o estudo em questão foram compactados nove corpos de prova para cada mistura de agregados, sendo três repetições em cada teor de umidade. Os corpos de prova foram compactados no teor de umidade ótima, 1% abaixo e 1% acima da ótima.

Os corpos de prova foram compactados em cinco camadas, com 55 golpes por camada. Após a compactação é colocado dois discos anelares de aço que aplicam uma carga de 5 lbs cada, aproximadamente 2,27 Kg, que simula a sobrecarga de 2,5 polegadas de pavimento. Em seguida, acopla-se um extensômetro no cilindro levando para imersão em um tanque de água por 4 dias.

Antes de levar o corpo de prova para imersão é realizada a leitura inicial do extensômetro; para que possa ser comparada a leitura final, e assim obter a expansão do corpo de prova. Essa leitura final é executada após 96 horas de imersão. O cálculo da expansão no CBR é feito pela Equação 1.

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{L_0 - L_f}{H} \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

L_0 = Leitura Inicial;

L_f = Leitura Final;

H = Altura do corpo de prova.

Após a retirada do tanque e realização das leituras, o corpo de prova é colocado em repouso por 15 min e levado a prensa para a realização do ensaio de compressão por meio de um pistão. O assentamento do pistão é feito pela aplicação de uma carga de aproximadamente 45 N e o ensaio segue com velocidade de penetração do pistão de 1,27 mm/min, realizando as leituras das cargas nos intervalos de 0,63; 1,27; 1,90; 2,54; 3,17; 3,81; 4,44; 5,08; 6,35; 7,62; 8,89; 10,16; 11,43 e 12,70 mm de penetração.

Com os dados coletados traça-se uma curva de penetração *versus* carga em escala logarítmica. Devido as irregularidades presentes na superfície do corpo de prova é preciso corrigir a pressão aplicada. Esta correção é feita ajustando o ponto zero da curva, traçando uma tangente no ponto de inflexão da curva original até que

toque o eixo das abscissas. A curva corrigida compreende a parte inicial da tangente traçada mais a parte convexa da curva original. O ponto C que representa a distância entre o cruzamento dos eixos até o ponto de interseção da tangente na abscissa é obtido da forma descrita na Figura 1.

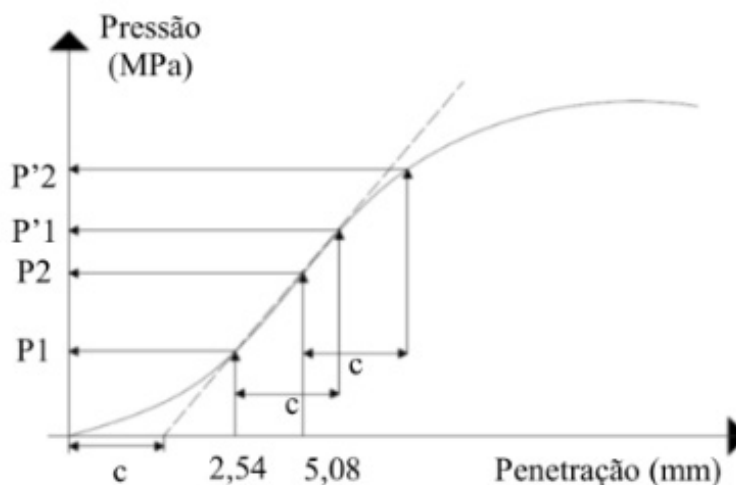


Figura 1. Correção da curva do CBR.

O valor do CBR é dado como sendo:

$$\text{CBR} = \frac{P_{\text{calculada}}}{P_{\text{padrão}}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$P_{\text{calculada}}$ = Pressão lida ou a corrigida;

$P_{\text{padrão}}$ = Pressão padrão (Tabela 3).

Os valores de penetração padrão podem ser vistos na Tabela 3:

Penetração (mm)	Pressão Padrão (Mpa)
2,54	6,90
5,08	10,35

Tabela 3. Valores de Pressão Padrão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaio de caracterização

Com os dados obtidos nos ensaios de granulometria verificou-se que todas as misturas se enquadram na faixa de trabalho D do DNIT 141/2010-ES, como pode ser observado na Figura 2.

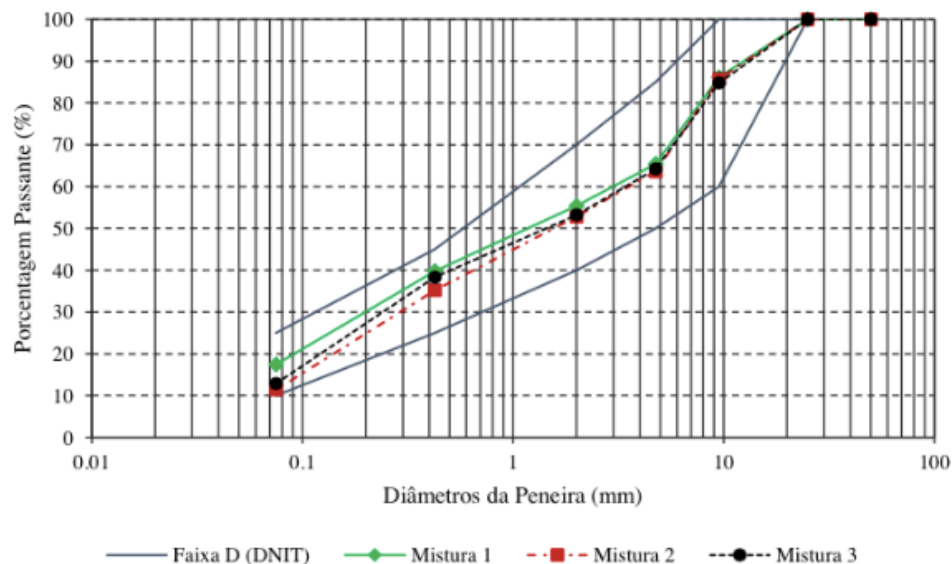


Figura 2. Curva granulométrica das misturas.

Através dos ensaios de compactação verificou-se que as misturas 1 e 2 apresentam teores de umidade bem próximos e peso específicos semelhantes, pois houve pouca variação na faixa granulométrica como pode ser constatado na Figura 2. A mistura 3, apesar de apresentar uma curva granulométrica bem próxima das demais, repercutiu um teor de umidade maior do que as demais, fato este, devido ao acréscimo de um percentual de cimento, que necessita de uma quantidade maior de água de hidratação para garantir as reações pozolânicas.

3.2 Ensaio de Expansão CBR

Na Tabela 4 é apresentado os resultados médios de expansão das misturas obtidos pelo ensaio de expansão CBR.

Mistura	Expansão (%)
1	0,46
2	0,57
3	0,00

Tabela 4. Resultados Médios de Expansão.

A partir dos resultados verificou-se que para a faixa granulométrica (D) e um número N de tráfego maior do que 5×10^6 , em que se encontram as misturas, os valores de expansão da mistura 1 são aceitáveis para camada de base, por apresentar um valor de 0,46%, menor do que o limite estabelecido por norma que é de 0,5%. A mistura 2 apresentou valor bem próximo do limite, sendo este de 0,57%, demonstrando que uma quantidade maior de material fresado pode repercutir no aumento da expansão no CBR. A mistura 3 apresentou expansão compatível com o estabelecido por norma como valor máximo, sendo esta 0%. Essa redução está associada a estabilização química, promovida pelo acréscimo de cimento na composição.

3.3 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam os resultados médios do CBR para as misturas estudadas, nos teores de umidade ótima, 1% abaixo do ótima e 1% acima.

O CBR obtido na umidade ótima da mistura 1 (Figura 3), tendeu a ser menor do que o encontrado nas amostras ensaiadas no ramo seco, algo não muito comum, já que na umidade ótima o peso específico seco é maior e conseqüentemente a resistência tende a ser maior. O que pode ter levado a este resultado foi excesso de compactação da amostra no ramo seco, elevando a energia de compactação e promovendo um crescimento do peso específico seco, além disto a variação de 1% no teor de umidade é muito sensível, podendo haver mudanças na umidade do solo durante o processo de compactação.

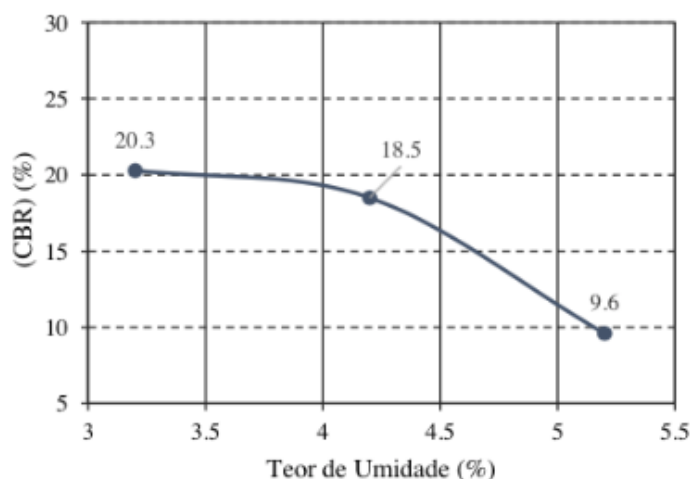


Figura 3. Resultado do CBR da Mistura 1.

A mistura 2 apresentou um CBR de 15,9%, na umidade ótima, como mostra a Figura 4, podendo constatar que o aumento na quantidade de material fresado gerou uma pequena redução na resistência, quando comparada com a mistura 1 no teor de umidade ótima, embora esta variação não foi muito significativa.

Este fato pode ter ocorrido devido à resistência do material fresado ser menor do que o da bica corrida e, também, pelas mudanças mesmo que pequenas na granulometria do conjunto.

No trabalho realizado por Garcês *et al.* (2014), mantendo o mesmo percentual de material fresado, porém substituindo 20% de solo local por brita 0, repercutiu em uma redução de 20% do CBR, demonstrando que materiais de características diferentes podem impactar em resultados bem distintos.

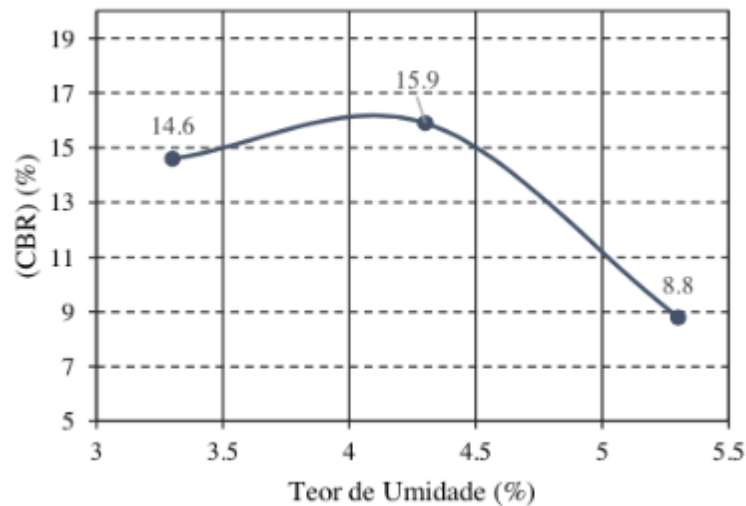


Figura 4. Resultados do CBR da Mistura 2.

Pode ser observado na Figura 5 o resultado do CBR da mistura 3 com valor máximo de 112%, sendo o maior valor de CBR dentre as misturas ensaiadas, justificada pela a estabilização química gerada pelo acréscimo de um percentual de cimento que reagiu com as partículas de solo aumentando a consideravelmente a sua resistência, quando comparada com a mistura 1 que possui o mesmo percentual de material fresado, de bica corrida e brita 1.

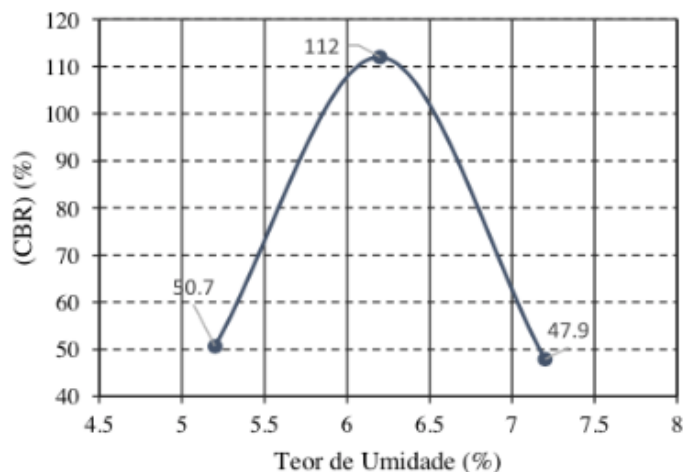


Figura 5. Resultado do CBR da Mistura 3.

Portando, verifica-se que a única mistura que apresenta um CBR aceitável, segundo as normas do DNIT 141/2010-ES que estabelece como valor mínimo, para a faixa de trabalho (D) CBR de 80%, foi a mistura 3, sendo que as demais foram descartadas por possuírem um CBR abaixo do limite e, também, por apresentar uma expansão acima dos limites aceitáveis, como no caso da mistura 2.

O percentual de cimento utilizado ainda está dentro do limite para se manter como base flexível, abaixo de 4%, e abaixo de valores como os sugeridos por Specht *et al.* (2013), que relata que a utilização de material fresado estabilizado quimicamente,

cumpra os requisitos especificados pela norma com uma percentagem de cimento em torno de 5%.

4 | CONCLUSÃO

Por meio dos dados apresentados, pode-se concluir que somente a mistura 3 apresentou índice de suporte (CBR) adequado, maior do que 80%, e expansão dentro dos limites que a norma estabelece que é de 0,5%, tendo este ganho de resistência alcançado pela adição de cimento na composição.

A qualidade do material fresado pode interferir consideravelmente nos resultados, pois variam de local para local, em trabalhos realizados por Pinto *et al.* (2012) ele obteve um CBR do Material fresado de 38%, enquanto Specht *et al.* (2013) chegou a valores de 56%, demonstrando uma variabilidade dos materiais.

Embora a adição de cimento possa incorporar um aumento do custo da obra, em determinados locais onde as jazidas de materiais são distantes das frentes de trabalho, acarretando em um custo com transporte elevado, a redução de transporte de 20% desta matéria prima, substituindo-a pelo material fresado e incorporando cimento a mistura, pode se tornar uma alternativa viável.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984) **NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica - Método de Ensaio**, Rio de Janeiro, 13 p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986) **NBR 7182: Solo - Ensaio de Compactação - Método de Ensaio**, Rio de Janeiro, 10 p.

Bonfim, V. (2007) **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. 3 ed., Fazenda Arte Editora, São Paulo.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. (2010). **DNIT-ES 141/2010: Pavimentos Flexíveis – Base Estabilizada Granulometricamente – Especificação de Serviço**, Rio de Janeiro, 9 p.

Garcês, A.; Ribeiro, G. Z.; Vaz, E. F.; Sereno, M. V. C.; Oliveira, V. N. (2014). **Utilização de Material Proveniente de Fresagem na Composição de Base e Sub-base de Pavimentos Flexíveis**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, COBRAMSEG, Goiânia, GO.

Pinto, M. M.; Cervo, T. C.; Pereira, D. S. (2012) **Reutilização de Material Fresado em Acostamentos como Agente Regularizador e Nivelador**, *Revista Pavimentação*, v.6, n 23, p.27-35.

Pires, G. M. (2014) **Estudo da Estabilização Granulométrica e Química de Material Fresado com Adição de Cimento Portland e Cinza de Casca de Arroz para Aplicação em Camadas de Pavimentos**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, 160 p.

Silva, N. H. (2012) **Muros de Terra Armada – Verificação da Segurança**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil ramo de Estrutura e Geotecnia, Universidade Nova de Lisboa, 105 p.

Specht, L. P.; Pires, G. M.; Vitorelo, T.; Hirsh, F.; Cronst, F.; Bergmann, E. C.; Tiefensee, M. D. (2013). ***Contribuição ao Estudo de Materiais Fresados Incorporados a um Solo Argilo Siltoso para o Uso em Camadas de Pavimentos Flexíveis***, 42^a Reunião Anual de Pavimentação e 16^o Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, RAPv, ENACOR, Foz do Iguaçu, PR.

NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMINICAÇÕES SEM FIO

Matheus Emanuel Tavares Sousa

Universidade Federal Rural do Semiárido,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica
Mossoró – RN

Humberto Dionísio de Andrade

Universidade Federal Rural do Semiárido,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica
Mossoró – RN

Samanta Mesquita de Holanda

Universidade Federal Rural do Semiárido, Centro
de Engenharias
Mossoró – RN

Idalmir de Souza Queiroz Júnior

Universidade Federal Rural do Semiárido,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica

RESUMO: Este trabalho propõe uma análise computacional de uma antena planar tipo microfita com substrato têxtil para aplicações que atendem aos serviços da banda de aplicações Industriais, Científicas e Médicas (*Industrial, Scientific and Medical*) – ISM 2,4 GHz, que abrange o intervalo de frequências de 2,4 GHz até 2,4835 GHz. O material proposto para utilização no substrato da antena é um tecido tipo malha composto por polipropileno com bambu (PP+BAM), com constante dielétrica = 1,9383

e espessura = 2,1mm. Resultados simulados para os parâmetros eletromagnéticos de ganho, coeficiente de reflexão e diagramas de radiação 2D e 3D são apresentados e discutidos.

PALAVRAS-CHAVE: Antenas de Microfita; ISM; Antenas Têxteis; Telecomunicação.

A NOVEL MICROSTRIP ANTENNA WITH TEXTILE BIODEGRADABLE SUBSTRATE FOR WIRELESS COMMUNICATIONS

ABSTRACT: This paper proposes a computational analysis of a planar microstrip patch antenna with textile substrate for ISM 2,4 GHz frequency band (2,4 – 2,4835 GHz) applications. The proposed material to use as substrate is a mesh fabric composed of polypropylene with bamboo (PP+BAM), with dielectric constant = 1,9383 and thickness = 2,1mm. Simulated results for electromagnetics parameters of gain, reflection coefficient and 2D and 3D radiation patterns are presented and discussed.

KEYWORDS: Microstrip Antennas; ISM; Textile Antennas; Telecommunication.

1 | INTRODUÇÃO

O setor da telecomunicação que mais cresce atualmente é o de tecnologia sem fio,

de acordo com dados da EUBrasil (2016) nos próximos 10 anos o crescimento das comunicações móveis deve ser de 20% a 100% ao ano. Dessa forma, a questão da portabilidade entra como fator importante devido à necessidade de se ter vários dispositivos embarcados em um único equipamento. Aliado a isso, as antenas de microfita atendem ao pré requisito de possuir baixo peso e volume e podem ser integradas à circuitos microprocessados.

As primeiras publicações a respeito desse tipo de dispositivo datam de 1953, nos Estados Unidos da América, em artigo publicado por Deschamps, e 1955, em publicações feitas por Gutton e Baissinot, e desde então vários métodos de análise foram desenvolvidos (ALENCAR, 2010).

As características de baixo peso e volume, facilidade de instalação e possuir perfis aerodinâmicos de fácil adaptação que a antena de microfita apresenta a torna atrativa também para aplicações industriais, médicas e científicas (*Industrial, Scientific and Medical* - ISM). No Brasil uma das bandas de frequência de uso não licenciados da faixa ISM é a faixa ISM 2,4 GHz, que compreende o intervalo de frequências de 2,4 até 2,4835 GHz.

Para Elsadek (2010) as antenas de microfita atendem à maioria dos requisitos dos sistemas de comunicação, e a com configuração patch retangular têm alcançado maiores aplicações em sistemas de comunicação.

Uma tendência de mercado na área de tecnologia é que as vestimentas sejam sensorizadas e sejam conectadas aos sistemas de comunicação, no que diz respeito principalmente às aplicações industriais, científicas e médicas. O uso de material têxtil biodegradável no substrato de antenas tipo microfita apresenta-se como uma solução, tornando os dispositivos mais leves e flexíveis, permitindo uma melhor adaptação em diversas superfícies, além de conforto aos usuários.

Hertleer, Laere e Rogier (2010) dizem que a próxima geração de vestimentas será sensorizada, logo, se faz necessário uma adaptação das ferramentas de comunicação sem fio, como antenas têxteis, uma vez que as antenas utilizadas nos dispositivos de comunicação devem acompanhar a tendência de adaptabilidade.

Na Figura 1 é mostrado um exemplo de antena de microfita em uma de suas formas mais básicas: antena de microfita com *patch* retangular, em que sua estrutura consiste de um *patch* e um plano de terra feitos de material metálico separados por um substrato, que é composto por um material dielétrico, geralmente rígido, e que pode possuir diversas configurações de alimentação, incluindo alimentação por cabo coaxial ou alimentação por linha de microfita.

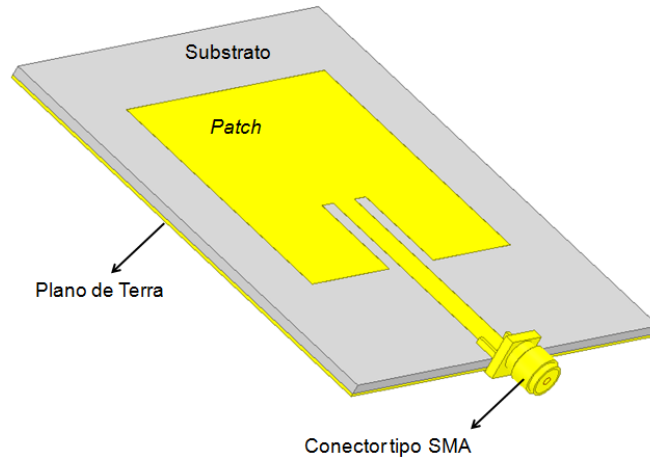


Figura 1: Antena de microfita - Estrutura básica com *patch* retangular.

Fonte: Autoria Própria.

As Figuras 2 e 3 ilustram exemplos de aplicação têxtil de uma antena de microfita.

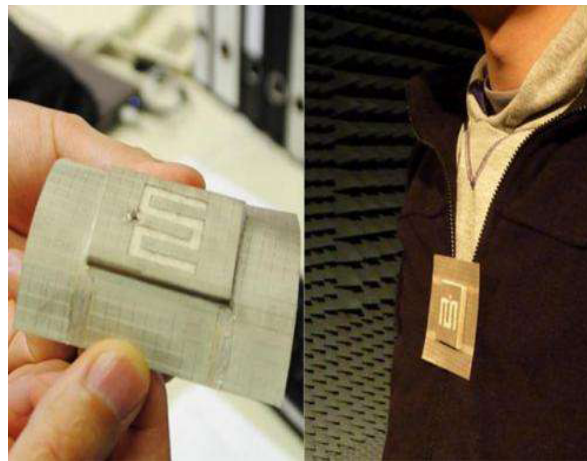


Figura 2: Antena vestível.

Fonte: phys.org (2014)

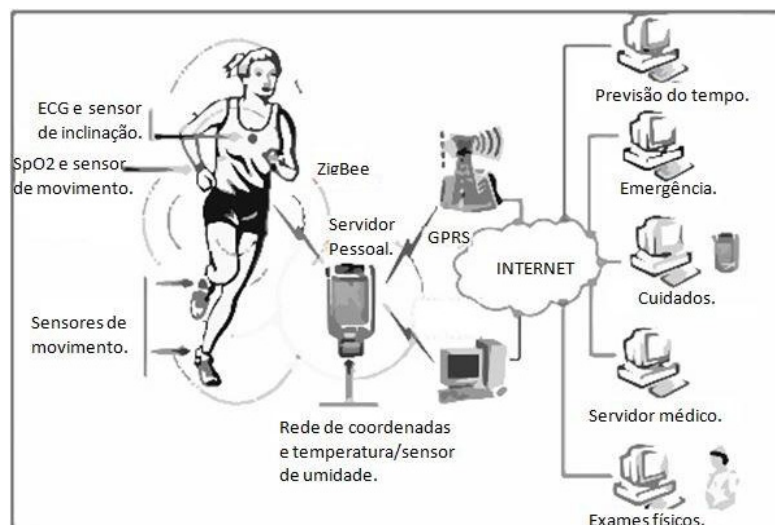


Figura 3: Aplicação de antena de microfita em rede WBAN.

Fonte: Adaptado de Saleem, Ullah e Kwak, 2011

A necessidade de adaptabilidade dos novos dispositivos de comunicação torna atrativo o estudo e utilização de dispositivos que estejam incorporados às vestimentas, uma vez que a discrição tornou-se praticamente uma prioridade, sendo clara a necessidade de acompanhamento da tendência de miniaturização dos novos dispositivos de comunicação.

Este trabalho tem como objetivo simular uma antena com substrato têxtil composto polipropileno com bambu (PP+BAM) com uso do *software ANSYS® HFSS*, possibilitando um dispositivo mais flexível e adaptável em superfícies planas ou curvas, assim como analisar os resultados com relação aos diagramas de radiação de campo elétrico e magnético 2D e 3D e gráfico de coeficiente de reflexão em função da frequência, bem como sua aplicabilidade à faixa ISM 2,4 GHz.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizada uma análise numérica por meio do Modelo da Linha de Transmissão proposto por Balanis (2005), a fim de determinar das variáveis dimensionais que serão utilizadas no projeto do dispositivo proposto, com utilização de alimentação por linha de microfita e impedância de entrada igual a 50Ω . Na Figura 4 está apresentado o processo metodológico adotado nesse trabalho.

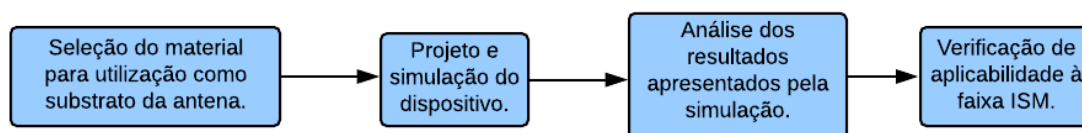


Figura 4: Metodologia adotada

A estrutura do tecido tipo malha utilizado no substrato da antena é apresentada na Figura 5.



Figura 5: Estrutura do material têxtil composto por Polipropileno com Bambu (PP+BAM).

Fonte: Holanda et al., 2017.

A aplicação do Modelo da Linha de Transmissão resultou no dispositivo com dimensões ilustradas na Figura 6. Após o projeto da antena de microfita, com frequência de projeto igual a 2,45 GHz, foi realizada simulação computacional por meio do *software* ANSYS® HFSS (*High Frequency Structure Simulator*), num intervalo de frequências variando de 1 GHz até 4 GHz, a fim de se analisar os parâmetros de radiação apresentados pelo dispositivo proposto.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dimensões do dispositivo projetado estão mostradas na Figura 6. Após a simulação foi possível observar, por meio de gráficos e diagramas o comportamento da antena com substrato têxtil proposta.

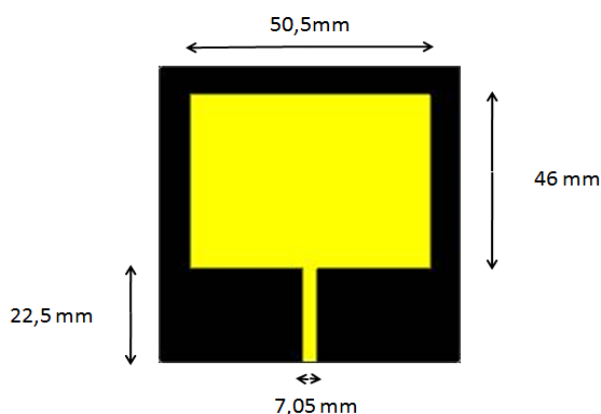


Figura 6: Dimensões da antena projetada.

Na Figura 7 é apresentada a relação entre o coeficiente de reflexão ($S_{1,1}$) e a frequência, de modo que é possível observar em que faixa de frequências houve ressonância.

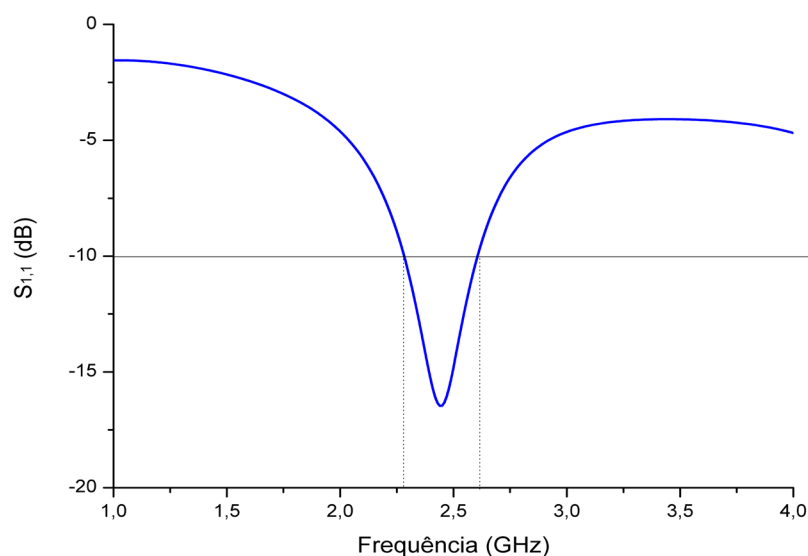


Figura 7: Coeficiente de reflexão (dB) x Frequência (GHz)

A largura de banda resultante da simulação é de aproximadamente 320 MHz (faixa de frequências abaixo de -10 dB). Percentualmente, a largura de banda apresentada é de aproximadamente 13,06%, dessa forma, sendo classificada como banda larga. A frequência 2,45 GHz apresentou o menor coeficiente de reflexão (-16,45 dB), ou seja, nessa frequência ocorre um melhor aproveitamento de potência.

Na Figura 8 são apresentados os diagramas de radiação resultantes da simulação computacional.

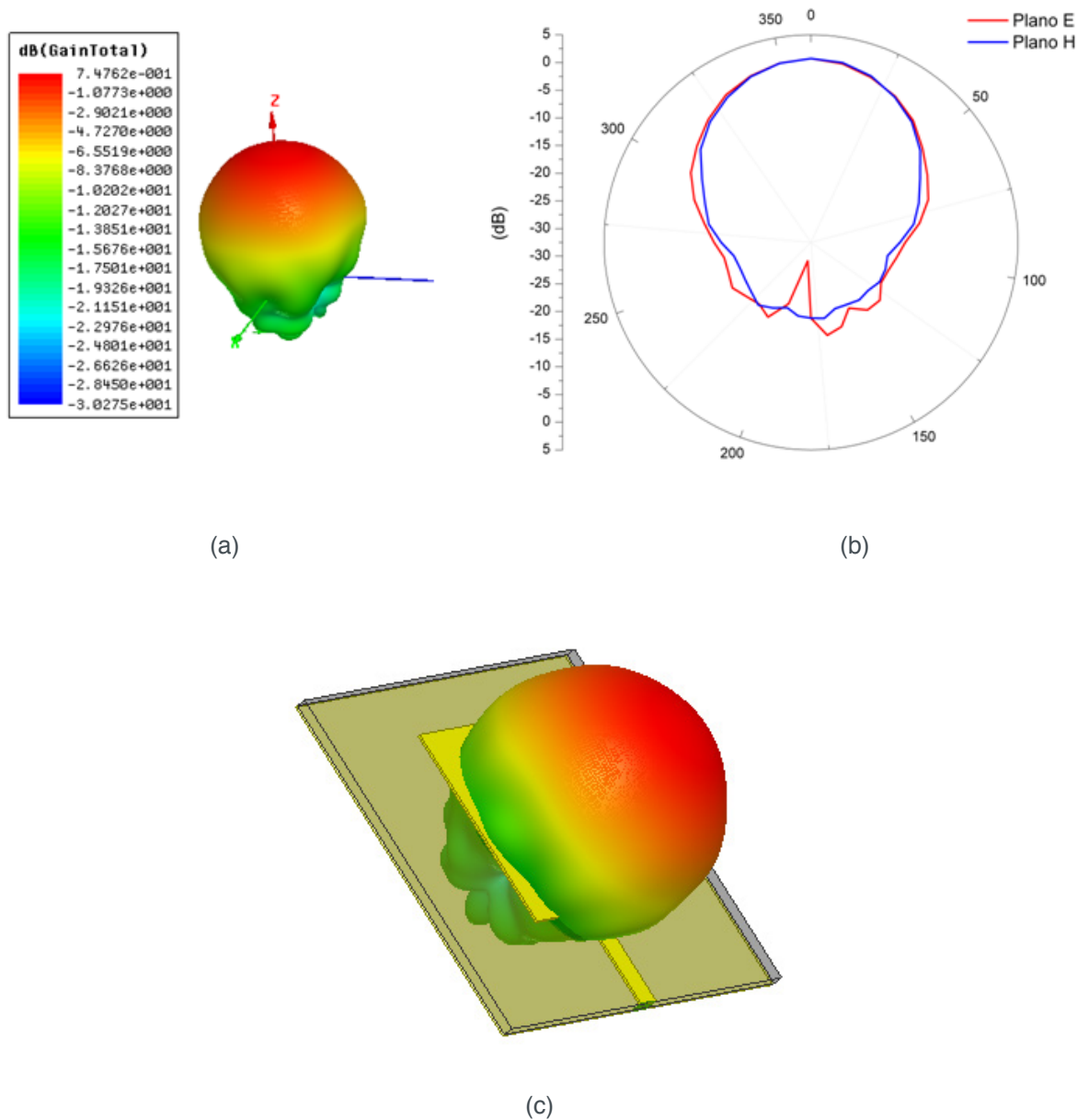


Figura 8: Diagramas de radiação (a) 3D (b) 2D (c) Padrão de radiação *broadside*

A antena apresentou um padrão de radiação *broadside*, ou seja, radiação no sentido ortogonal ao *patch*, com um ganho total máximo de 0,7462 dB.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos proporcionam um entendimento a respeito da análise dos parâmetros de radiação de uma antena de microfita a partir da utilização de um substrato têxtil no dispositivo, que mostrou-se aplicável em sistemas de comunicação que exijam dispositivos com maior flexibilidade. Além disso, a antena apresentou uma largura de banda que abrange a faixa ISM proposta, confirmando então sua aplicabilidade à esse tipo de tecnologia.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marcelo; QUEIROZ, Wamberto. **Ondas eletromagnéticas e teoria de antenas**. São Paulo: Érica, 2010. 229 p.

Associação EUBrasil. **O Futuro do Setor das Comunicações Móveis**. (2016). Disponível em <http://www.eubrasil.eu/pt/2016/03/01/o-futuro-do-setor-das-comunicacoes-moveis/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

ELSADEK, Hala. **Microstrip Antennas for Mobile Wireless Communication Systems**. 2010. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/mobile-and-wireless-communications-network-layer-and-circuit-level-design/microstrip-antennas-for-mobile-wireless-communication-systems>. Acesso em: 17 mar. 2019.

HERTLEER, C.; LAERE, A. V.; ROGIER, H.; et al. **Influence of Relative Humidity on Textile Antenna Performance**. *Textile Research Journal*. vol.80, p. 177 – 183, 2010.

DE HOLANDA, SAMANTA M.; DA SILVA, JOSÉ P. ; DE S. QUEIROZ, IDALMIR ; DE ANDRADE, HUMBERTO D. ; GUERRA, JUAN R. F. ; DE A. P. MAGNO, JOSÉ ; DE AQUINO, MARCOS S. ; DE MELO, MOISÉS V. ; FILHO, NEIL O. L **Microstrip antenna based on knitted fabrics with biodegradable synthetic fibers**. *Journal of Materials Science-Materials in Electronics*, v. 28, p. 15118-15126, 2017.

PHYS. Institution Of Engineering And Technology (Org.). **Researchers develop fully textile waveguide antenna using a metamaterial-inspired unit cell**. 2014. Disponível em: <https://phys.org/news/2014-03-fully-textile-waveguide-antenna-metamaterial-inspired.html>. Acesso em: 15 mar. 2019.

SALEEM, Shahnaz; ULLAH, Sana; KWAK, Kyung Sup. A Study of IEEE 802.15.4 Security Framework for Wireless Body Area Networks. **Sensors**, v. 11, p.1383-1395, jan. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3274043/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS

Milson dos Santos Barbosa

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Isabela Nascimento Souza

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Juliana Lisboa Santana

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Isabelle Maria Duarte Gonzaga

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Lays Carvalho de Almeida

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Aline Resende Dória

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Luma Mirely Souza Brandão

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Débora da Silva Vilar

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Priscilla Sayonara de Sousa Brandão

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Petrolina – Pernambuco

número de publicações sobre líquidos iônicos (LIs) aumentou substancialmente. Os LIs têm atraído cada vez mais o interesse acadêmico e industrial devido capacidade de manipular suas propriedades, por meio da combinação de diferentes cátions e ânions, para atender requisitos para aplicações específicas. Além disso, LIs apresentam excelentes características, tais como pressão de vapor negligenciável, elevada estabilidade química e térmica e não inflamabilidade, o que tem estimulando muitos campos de pesquisa. Entretanto, a não inflamabilidade é muitas vezes destacada como uma vantagem de segurança dos LIs sobre compostos orgânicos voláteis tradicionais. Relatos recentes têm sugerido que o fato de que, apesar muitos LIs não serem inflamáveis, esse fato não significa que eles são seguros para serem utilizados próximo ao fogo e/ou fontes de calor. Dado que análises específicas realizadas para um grande grupo de LIs, incluindo aqueles já comercialmente disponíveis, evidenciam que muitos destes solventes não convencionais são combustíveis e podem promover riscos de incêndios devido à sua natureza inflamável. Para elucidar melhor o complexo risco de incêndio relacionado a uso de LIs em processos, uma avaliação detalhada e sistemática, é mostrada no presente estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Líquidos iônicos. Incêndio. Segurança de processos

RESUMO: Ao longo das últimas décadas, o

ABSTRACT: Over the last few decades, the number of publications on ionic liquids (ILs) has increased substantially. ILs have increasingly attracted academic and industrial interest because of the ability to manipulate their properties by combining different cations and anions to meet specific application requirements. In addition, ILs exhibit excellent characteristics, such as negligible vapour pressure, high chemical and thermal stability and non-flammability, which has stimulated many fields of research. However, non-flammability is often highlighted as a safety advantage of ILs over traditional volatile organic compounds. Recent reports have suggested that the fact that although many ILs are not flammable, this fact does not mean that they are safe to be used near fire and / or heat sources. Since specific analyses performed for a large group of ILs, including those already commercially available, show that many of these unconventional solvents are combustible and may promote fire hazards due to their flammable nature. To further elucidate the complex fire risk related to the use of ILs in processes, a detailed and systematic assessment is shown in the present study.

KEYWORDS: Ionic liquids. Fire. Process safety.

1 | INTRODUÇÃO

Os solventes convencionais são utilizados diariamente em numerosos processos e, estima-se que eles sejam responsáveis por cerca de 60% de todas as emissões de poluentes oriundos do setor industrial (ANASTAS e EGHBALI, 2010)). Como o uso de solventes é inevitável, duas principais estratégias para o desenvolvimento de processos mais limpos foram propostas: a substituição de solventes derivados do petróleo por solventes a partir de recursos renováveis, e a substituição de solventes perigosos por outros que apresentam melhores propriedades ambientais, de saúde e de segurança (CEVASCO e CHIAPPE, 2014; BUBALO *et al.*, 2015).

Os líquidos iônicos (LIs) são sais fundidos, conhecidos com uma nova classe de substâncias químicas compostas exclusivamente por íons que está sendo amplamente estudada, aplicada e reconhecida como alternativa promissora na substituição de compostos voláteis na indústria (SEDDON, 1997). O fato de serem formados por íons de elevadas dimensões faz com que os líquidos iônicos apresentem uma baixa energia de rede, isto é, não possuem uma estrutura cristalina bem definida, o que confere para a maioria dos LIs estar no estado líquido à temperatura ambiente ou próximo. Ademais, a ausência de uma estrutura cristalina ordenada promove baixos pontos de fusão a maioria dos LIs, que normalmente estão abaixo de 100 °C (GOOSSENS *et al.*, 2016). Ao longo da última década, o interesse em LIs cresceu exponencialmente porque eles apresentam propriedades químicas e físicas novas e interessantes, mas é a pressão de vapor muito baixa a insignificante exibida por algumas LIs que atraiu principalmente a atenção de muitos pesquisadores (DONG *et al.*, 2016). Esse interesse tem sido impulsionado por oportunidades percebidas para efetuar melhorias na eficiência geral dos processos usando os princípios da química verde. Tanto as equipes de pesquisa

industrial e acadêmica estão tentando redesenhar processos químicos para reduzir, ou eliminar, perdas de solventes, particularmente voláteis compostos orgânicos (SEDDON, 1997; EL SEOUD *et al.*, 2007).

Todavia, percepção de que todos os LIs são solventes verdes seguros pode levar a um projeto experimental inseguro e com riscos de incêndios (SMIGLAK *et al.*, 2006). Muitos pesquisadores principiantes, ao sintetizarem LIs, talvez não estejam cientes de que fumaças brancas são evaporadas de muitos LIs. Esta fumaça pode conter inúmeras espécies inflamáveis, além de ácido fluorídrico (HF), que é muito tóxico e corrosivo, e por isso deve ser tomado um cuidado considerável ao manusear esses compostos. A partir de então, LIs foram qualificados como líquido “combustível”, classe IIIB, que define como inflamáveis as substâncias capazes de serem facilmente inflamadas e queimadas rapidamente (FOX *et al.*, 2008).

Neste cenário, a Associação de Segurança e Saúde do Trabalho (Occupational Safety and Health Administration - OSHA) e a Associação Nacional de Proteção Contra Incêndios (National Fire Protection Association - NFPA) dos Estados Unidos concordaram que classificações mais específicas para LIs devem ser criadas, a fim de remover inconsistências no termo “inflamável”. Tanto os “líquidos inflamáveis” como os “líquidos combustíveis” devem aderir a protocolos adicionais de segurança contra incêndio. No entanto, as propriedades de inflamabilidade e possíveis riscos de incêndio de um material não podem ser definidas por um único teste de inflamabilidade (APTE, 2006; FOX *et al.*, 2008). De fato, ao considerar a proteção contra incêndio e procedimentos de resposta de emergência, as características físico-químicas de solventes com potenciais riscos de incêndio são essenciais (BURKE, 2013). Isto é especialmente importante quando se consideram as aplicações industriais e comerciais de LIs. No caso de um incêndio industrial ou incêndio envolvendo materiais que contenham LIs, esses solventes não convencionais atuarão como combustíveis e podem emitir produtos inflamáveis de decomposição (FOX *et al.*, 2008).

Diante do exposto, com o crescente interesse em LIs, é extremamente útil relatos de análises direcionadas aos possíveis riscos associados à utilização de LIs nos mais variados processos. Aqui, são explanadas as principais razões que levam profissionais da indústria e pesquisadores à rotular líquidos iônicos como solventes seguros e são discutidas as recentes pesquisas voltadas para a segurança de LIs.

2 | METODOLOGIA

O presente trabalho utiliza a pesquisa bibliográfica, a fim de indagar e de buscar informações sobre os potenciais riscos de incêndio ao utilizar líquidos iônicos em diferentes processos. Para esse efeito, realizou-se um levantamento em base de dados nacionais e estrangeiros de artigos e livros publicados em periódicos indexados, além de documentos como Normas de segurança e saúde no trabalho. Como resultados,

primeiramente é apresentada uma visão geral dos motivos que levam a grande maioria das publicações a descrever os LIs como solventes seguros. Posteriormente, são apresentados estudos que evidenciam a partir de análises experimentais os potenciais riscos de incêndio ao se trabalhar com LIs em diferentes tipos de processos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Razões para rotular líquidos iônicos como solventes seguros

O crescente interesse em pesquisa industrial e acadêmica sobre LIs impulsionou a suposição genérica de que esses solventes não convencionais são altamente estáveis, não inflamáveis e seguros para serem utilizados em qualquer processo (MORGAN *et al.*, 2013). Conseqüentemente, argumenta-se que os LIs, apresentam margens superiores de segurança contra incêndio em comparação com solventes convencionais altamente inflamáveis. Além da sua ampla versatilidade quando comparada com solventes convencionais, os LIs são apontados como solventes menos agressivos e seguros ao meio ambiente. A justificativa para rotulá-los “seguros” é baseada no fato de que, dentre os 12 princípios da Química Verde, os LIs podem atender à 4 princípios, são eles: (EARLE *et al.*, 2006; RANKE *et al.*, 2007; FUKAYA *et al.*, 2013; BUBALO *et al.*, 2015;).

1. Síntese de produtos menos perigosos: Quando possível, deve-se utilizar e gerar uma substância química com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente;
2. Desenvolvimento de produtos seguros: Deve-se desenvolver produtos químicos que exerçam a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos;
3. Desenho para a degradação: Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal maneira que, ao final de sua função, se degradem em produtos inofensivos e não persistam no meio ambiente;
4. Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes: Deve-se utilizar substâncias seguras, com nenhum ou mínimo potencial de acidentes, evitando produtos inflamáveis ou que possibilitem vazamentos, incêndios, explosões e outros.

Devido às propriedades citadas anteriormente, como pressão de vapor desprezível, alta estabilidade térmica e não inflamabilidade, muitas vezes o potencial impacto ambiental dos líquidos iônicos é considerado reduzido. Entretanto, alguns estudos relatam que apesar dos LIs contribuírem para a redução da poluição do ar, o seu descarte inadequado em ambientes aquáticos pode causar a contaminação da água, devido à sua potencial toxicidade e difícil biodegradabilidade (ZHAO *et al.*, 2007; HECKENBACH *et al.*, 2016). O fato de que as características dos líquidos iônicos podem ser manipuladas a partir da sua síntese combinada tem promovido vários

esforços para produção de LIs biodegradáveis (GATHERGOOD *et al.*, 2004). Outra alternativa para minimizar os possíveis efeitos negativos do descarte de LIs no meio ambiente é a sua recuperação e/ou reciclagem, cuja metodologia de extração depende do processo no qual o LI é aplicado (ALVAREZ-GUERRA *et al.*, 2014; CLAUDIO *et al.*, 2014).

Segundo ROGERS *et al.* (2012), esses solventes não convencionais têm atraído um grande interesse por possuir características físico-químicas atrativas para inúmeros processos, quando comparado com solventes convencionais, tais como:

- a. Funcionam como excelentes solventes para um amplo número de materiais orgânicos e inorgânicos. Isso possibilita a sua utilização em reações com ambos os tipos de reagentes, tornando-os, portanto, viáveis e extremamente atrativos do ponto de vista tecnológico e industrial;
- b. A capacidade inflamável é desprezível porque esses solventes não são voláteis. Assim, os líquidos iônicos podem ser usados em elevadas temperaturas, diminuindo os riscos. Além disso, podem ser considerados como solventes combustíveis;
- c. Possibilidade de recuperação, remoção e reciclagem devido à alta estabilidade térmica e química;
- d. A boa condutividade elétrica e grande mobilidade iônica favorece o alto potencial eletroquímico. No mais, a janela eletroquímica estável dos LIs minimiza processos de oxidação ou redução sobre um eletrodo;
- e. As propriedades catalíticas em síntese orgânica e inorgânica são amplamente atrativas. Os LIs influenciam de forma positiva na seletividade e nos rendimentos em diferentes reações;
- f. A solubilidade dos líquidos iônicos pode ser ajustada para que estes solventes sejam miscíveis com água e até com alguns solventes orgânicos. Muitos possuem a capacidade de dissolver uma ampla gama de ácidos inorgânicos e orgânicos. Isto é importante para processos que necessitam da dissolução de distintos reagentes numa mesma fase;
- g. A hidrofiliabilidade e a hidrofobicidade dos líquidos iônicos podem ser alteradas a partir da modificação na estrutura dos cátions e ânions sintetizados.

Os LIs, como os solventes em geral, são classificados com base na estrutura química. No entanto, eles possuem características estruturais que podem ser facilmente manipuladas, o que faz com que a sua classificação seja complexa (ANGELL *et al.*, 2012). Isso ressalta a necessidade de tratar LIs como qualquer outro produto químico, com propriedades potencialmente perigosas, toxicidade e/ou estabilidade desconhecida. Em particular, é importante enfatizar que, embora as LIs sejam produtos químicos que possam ser aplicados como solventes e catalisadores em processos de química verde, não podem necessariamente ser considerados ou

descritos como solventes verdes. É importante notar que, embora muitos sais orgânicos semelhantes a LI tenham importantes aplicações industriais e comerciais, o destino ambiental e quaisquer problemas de toxicidade potenciais para a maioria dos LI não são conhecidos. Assim, embora os LIs sejam comumente referidos em um contexto “verde”, pouco se sabe sobre os perigos associados à sua utilização em diferentes processos e, por isso, esses devem ser avaliados com cautela.

3.2 Pesquisas voltadas para a segurança de líquidos iônicos

De acordo com os regulamentos da OSHA, os líquidos inflamáveis têm pontos de inflamação abaixo de 37,8 °C, enquanto que os líquidos combustíveis são aqueles com ponto de inflamação acima de 37,8 °C. Com base nos relatos de diferentes estudos, todos os LIs apresentam a característica benigna de ser não-volátil, até elevadas temperaturas. Esta classificação implica que não devem ser tomadas precauções em processos que envolvem o uso de LIs (SHELDON, 2005; WELTON, 2011). No entanto, o desempenho de LIs relacionadas a riscos de incêndio é raramente investigado, pois questões de segurança relacionadas a LIs merecem maior atenção por vários motivos:

- I. Cada LI deve ser analisado individualmente à nível de segurança dentro do processo no qual está inserido, uma vez que estes solventes apresentam à possibilidade de manipular livremente as suas características, combinando os cátions e ânions de mais de um milhão de formas diferentes para atender os requisitos de aplicações específicas;
- II. Artigos indexados e guias comerciais ainda contêm informações equivocadas sobre LIs, dado que geralmente relatórios não descrevem volatilidade, comportamentos de inflamabilidade e estabilidade térmica de forma específica;
- III. A avaliação das propriedades físico-químicas em relação à segurança é necessária em estágios iniciais da síntese dos LIs e do projeto no qual o mesmo será inserido;
- IV. O regulamento da comunidade europeia sobre produtos químicos e a sua utilização segura, que trata do registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas, tem exigido análises especializadas em riscos físico-químicos associados aos LIs.

Ao considerar uma avaliação dos perigos inerentes à LIs e a descrição inapropriada das propriedades de LIs, alguns estudos foram dedicados a qualificar os perigos físico-químicos para alguns LIs (EARLE *et al.*, 2006; LEN *et al.*, 2012; CHANCELIER *et al.*, 2014). Como resultado desses primeiros estudos, nem todos os LIs podem ser considerados intrinsecamente seguros e alguns podem desencadear riscos físico-químicos durante a sua própria síntese. De fato, em muitas rotas de síntese estão envolvidos átomos de halogênio que podem levar a problemas de corrosão. Artigos recentes têm, em particular, ajudado a desmitificar a não volatilidade e a alta

estabilidade térmica dos LIs. Como exemplo, o estudo de Earle *et al.* (2006) mostrou que muitas LIs, particularmente LIs baseadas em imidazólio, podem ser destiladas (sob vácuo parcial) e seus produtos de decomposição geralmente são voláteis. Outros pesquisadores abordaram experimentalmente propriedades de estabilidade térmica de vários LIs, mostrando que a estabilidade térmica acima de 400 °C não é a regra comum para LIs e, na realidade, a estabilidade térmica varia muito (KULKARNI *et al.*, 2007; KAMAVARAM e REDDY, 2008).

O calor completo da combustão é um dos primeiros indicadores utilizados para avaliar previamente possíveis riscos de incêndio de uma substância química. Representa o conteúdo energético geral que uma substância é susceptível de liberar por combustão completa em um evento de incêndio. Para esse propósito, uma série de relatos a respeito de LIs em queima com chamas tem sido descrita. Embora os líquidos iônicos sejam rotulados como materiais “não inflamáveis”, em alguns estudos, esse rótulo não se aplica (BARANYAI *et al.*, 2004).

Smiglak *et al.* (2006), realizaram testes de combustão com 20 LIs e seus resultados indicaram que, embora muitas LIs possam ter pressão de vapor insignificante, LIs são uma classe de solvente não convencionais que não devem ser necessariamente consideradas seguras quando se trabalha próximo a uma fonte de calor, chama ou ignição. Isto porque os produtos de decomposição formados durante a decomposição térmica de alguns LIs são sensíveis à combustão. Diallo *et al.* (2012), relataram que quanto mais carbono na estrutura do LI, maior é a liberação de calor gerada pelo material queimado. Além disso, o contra-íon tem um efeito definitivo sobre a inflamabilidade, com a tendência geral de $Cl < Br < N(CN)_2 < BF_4 = PF_6 < TFSI$. Pode-se argumentar que, alguns dos contra-íons, não somente reduzem o combustível disponível para a combustão através da formação de carvão, mas também podem ser capazes de realizar reações inusitadas em fase gasosa que inibam a combustão e o consumo de oxigênio.

A combustão experimental de alguns LIs mostrou um potencial cenário acidental em processos realizados em laboratórios. Na maioria dos casos, a decomposição exotérmica rápida ocorreu quando LIs com alto teor de nitrogênio foram utilizados em condições de altas temperaturas, devido a sua sensibilidade à ignição e consequente combustão. A combustão pode até tender a ser explosiva, mesmo sob vácuo (SMIGLAK *et al.*, 2006). Além disso, os testes de queima realizados por Schaller *et al.* (2010), com LI de nitrato de 4-amino-1-metil-1,2,4-triazólio, levaram a uma temperatura de chama de 2200 K. Uma vez que as várias ligações moleculares atingem a temperatura de decomposição térmica desses LIs, moléculas pequenas inflamáveis poderiam ser liberadas levando à combustão. Estes exemplos mostram novamente que os testes tradicionais de ponto de inflamação não são suficientes para caracterizar adequadamente o risco de incêndio. Os problemas de combustão também podem surgir a partir do comportamento específico dos LIs, em que o contato com diferentes moléculas químicas pode inflamar-se espontaneamente devido à ocorrência de

reações altamente exotérmicas (MARLAIR *et al.*, 1999; SHAMSHINA *et al.*, 2010).

A liberação de calor é apenas uma das muitas características potenciais a serem consideradas. É necessário também analisar a interação de estruturas metálicas com LIs, e assim prevenir processos contra o fenômeno natural de corrosão e contra os indesejáveis perigos de incêndio. Dessa forma, artigos recentes relatam a incompatibilidade de LIs com metais em diversos processos de hidrólise, visto que a formação de subprodutos como compostos voláteis (a exemplo de HF e POF_3) pode danificar materiais como aço e vidro (IOLANIÁCOHEN, 2000; BERGER *et al.*, 2011). Tseng *et al.* (2010), relataram a significativa corrosão do titânio na presença do cloreto de 1-etil-3-metilimidazólio. Entretanto, os mesmos autores notaram a excelente resistência à corrosão do aço inoxidável 304SS para o mesmo LI.

Em suas pesquisas sobre o uso de LIs em aplicações de alta pressão, Predel e Predel e Schlücker, observaram que mesmo quando todos os LIs testados apresentaram pouca corrosão ao aço inoxidável, as taxas de corrosão de algumas LIs para outros tipos de aços foram muito altas. Assim, ambos os autores concluíram que muitos LIs definitivamente não são adequados em aplicações envolvendo cobre. De fato, a corrosividade de um dado metal é determinada pela estrutura química do LI que corresponde a natureza do seu cátion e ânion (PERISSI *et al.*, 2006).

Em suma, a estrutura química do cátion e do ânion dos LIs pode ter um grande efeito sobre a liberação de calor e, portanto, não se deve assumir que todos os LIs possuem um mesmo potencial de inflamabilidade. A capacidade de alguns LIs para carbonização pode ter alguns efeitos inesperados na propagação da chama, assim como o potencial de outros LIs de gasificação completa também pode sugerir que ocorra um incêndio em escala maior.

Os resultados de todos os artigos aqui mencionados indicam que a seleção de LIs como solventes utilizados em processos químicos é uma questão muito importante e requer novas investigações em relação a estrutura química e a concentração de LIs nas mais distintas aplicações. Tendo em vista todos esses estudos e que, até o momento, nenhum acidente grave foi relatado com LIs nos estágios atuais de uso, é pertinente desenvolver metodologias sistemáticas e abrangentes de determinação de perigos associados à LIs. Ao engenheiro de segurança contra incêndio e ao químico de processos, quanto maior a quantidade de informações sobre o potencial de inflamabilidade dos LIs, maior será a segurança de futuros processos envolvendo estes solventes não convencionais.

4 | CONCLUSÕES

Na maioria dos casos, os LIs têm muitas vantagens para obtenção de processos mais seguros em comparação com solventes convencionais. No entanto, afirmar que todos os LIs são seguros por natureza, é uma conclusão precipitada. Na literatura, existem algumas afirmações generalizadas relacionadas à segurança físico-química,

como “não inflamabilidade”, “não volatilidade”, e “não corrosividade”, que devem ser evitadas para não propagar informações errôneas. Conforme discutido no estudo, é importante ir além das classificações convencionais de perigo para uma melhor compreensão das propriedades físico-químicas dos LIs. Assim como os compostos químicos não são comparados de forma igualitária, os LIs não devem ser comparados exatamente com solventes industriais, uma vez que são solventes não convencionais com composições químicas complexas. As características físico-químicas desempenham um papel importante na real segurança dos LIs, bem como nos problemas de degradabilidade e toxicidade. Certamente, eles têm suas vantagens, mas podem ser inflamáveis e, conhecendo as condições nas quais os LIs podem gerar riscos, melhores avaliações de segurança contra incêndio podem ser realizadas. Desse modo, os riscos de incêndio nos processos envolvendo LIs devem ser investigados, porque talvez esses produtos químicos não sejam inflamáveis devido ao ponto de inflamação, mas em alguns processos ou aplicações específicas, podem provocar incêndios e graves danos. Como todas os novos produtos e tecnologias, é necessário avaliar adequadamente os seus pontos fortes e fracos, a fim de entender e atribuir os melhores parâmetros de desempenho de segurança apropriados dentro do contexto no qual serão inseridos.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-GUERRA, E.; IRABIEN, A.; VENTURA, S. P. M.; COUTINHO, J. A. P. **Ionic liquid recovery alternatives in ionic liquid-based three-phase partitioning (ILTTP)**. *Aiche Journal*, v. 60, n. 5, p. 577-3586, 2014.

ANASTAS, P.; EGHBALI, N. **Green chemistry: principles and practice**. *Chemical Society Reviews*, v. 39, n. 34, p. 301-312, 2010.

ANGELL, C. A.; ANSARI, Y.; ZHAO, Z. **Ionic liquids: past, present and future**. *Faraday discussions*, v. 154, n.7, p. 9-27, 2012.

APTE, V. B. **Flammability testing of materials used in construction, transport and mining**. Woodhead Publishing, 2006.

BARANYAI, K. J.; DEACON, G. B.; MACFARLANE, D. R.; PRINGLE, J. M.; SCOTT, J. L. **Thermal degradation of ionic liquids at elevated temperatures**. *Australian journal of chemistry*, v. 57, n. 2, p. 145-147, 2004.

BERGER, M. E. M.; ASSENBAUM, D.; TACCARDI, N.; SPIECKER, E.; WASSERSCHIED, P. **Simple and recyclable ionic liquid based system for the selective decomposition of formic acid to hydrogen and carbon dioxide**. *Green Chemistry*, v. 13, n. 6, p. 1411-1415, 2011.

BUBALO, M. C.; VIDOVIC, S.; REDOVNIKOV, I. R.; JOKIC, S. **Green solvents for green Technologies**. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 48, n. 54, p. 311-318, 2015.

BURKE, R. **Hazardous materials chemistry for emergency responders**. CRC Press, 2013.

CEVASCO, G.; CHIAPPE, C. **Are ionic liquids a proper solution to current environmental**

challenges. Green Chemistry, v. 16, n. 12, p. 2375-2385, 2014.

CHANCELIER, L.; DIALLO, A. O.; SANTINI, C. C.; MARLAIR, G.; GUTEL, T.; MAILLEY, S.; LEN, C. **Targeting adequate thermal stability and fire safety in selecting ionic liquid-based electrolytes for energy storage.** Physical Chemistry Chemical Physics, v. 16, n. 5, p. 1967-1976, 2014.

CLAUDIO, A. F. M.; MARQUES, C. F. C.; BOAL-PALHEIROS, I.; FREIRE, M. G.; COUTINHO, J. A. P. **Development of back-extraction and recyclability routes for ionic-liquid-based aqueous two-phase systems.** Green Chemistry, v. 16, n. 7, p. 259-268, 2014.

DONG, K.; ZHANG, S.; WANG, J. **Understanding the hydrogen bonds in ionic liquids and their roles in properties and reactions.** Chemical Communications, v. 52, n. 41, p. 6744-6764, 2016.

EARLE, M. J.; ESPERANCA, J.; GILEA, M. A.; LOPES, J. N. C.; REBELO, L. P. N.; MAGEE, J. W.; SEDDON, K. R.; WIDEGREN, J. A. **The distillation and volatility of ionic liquids.** Nature, v. 439, n. 4, p. 831-834, 2006.

EL SEOUD, O. A.; KOSCHELLA, A.; FIDALE, L. C.; DORN, S.; HEINZE, T. **Applications of ionic liquids in carbohydrate chemistry: a window of opportunities.** Biomacromolecules, v. 8, n. 9, p. 2629-2647, 2007.

FOX, D. M.; GILMAN, J. W.; MORGAN, A. B.; SHIELDS, J. R.; MAUPIN, P. H.; LYON, R. E.; TRULOVE, P. C. **Flammability and thermal analysis characterization of imidazolium-based ionic liquids.** Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 47, n. 16, p. 6327-6332, 2008.

FUKAYA, Y.; HIROYUKI OHNO, H. **Hydrophobic and polar ionic liquids.** Physicochemical Chemistry Chemical Physics, v. 15, n. 7, p. 4066-4072, 2013.

GATHERGOOD, N.; GARCIA, M. T.; SCAMMELLS, P. J. **Biodegradable ionic liquids: Part I. Concept, preliminary targets and evaluation.** Green Chemistry, v. 6, n. 19, p. 166-175, 2004.

GOOSSENS, K.; LAVA, K.; BIELAWSKI, C. W.; BINNEMANS, K. **Ionic liquid crystals: versatile materials.** Chemical reviews, v. 116, n. 8, p. 4643-4807, 2016.

HECKENBACH, M. E.; ROMERO, F. N.; GREEN, M. D.; HALDEN, R. U. **Meta-analysis of ionic liquid literature and toxicology.** Chemosphere, v. 150, n. 15, p. 266-274, 2016.

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=9752&p_table=STANDARD; <http://www.nfpa.org/faq.asp?categoryID=920>.

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10676

IOLANIÁCOHEN, J. **Polycations. Part X. LIPs, a new category of room temperature ionic liquid based on polyammonium salts.** Chemical Communications, n. 24, p. 2413-2414, 2000.

KAMAVARAM, V.; REDDY, R. G. **Thermal stabilities of di-alkylimidazolium chloride ionic liquids.** International Journal of Thermal Sciences, v. 47, n. 6, p. 773-777, 2008.

KULKARNI, P. S.; BRANCO, L. C.; CRESPO, J. G.; NUNES, M. C.; RAYMUNDO, A.; AFONSO, C. A. **Comparison of physicochemical properties of new ionic liquids based on imidazolium, quaternary ammonium, and guanidinium cations.** Chemistry-A European Journal, v. 13, n. 30, p. 8478-8488, 2007.

LEN, C.; MORGAN, A. B.; MARLAIR, G. **Revisiting physico-chemical hazards of ionic liquids.** Separation and purification technology, v. 97, n. 15, p. 228-234, 2012.

- MARLAIR, G.; CWIKLINSKI, C.; TEWARSON, A. **An analysis of some practical methods for estimating heats of combustion in fire safety studies.** In: Interflam 99. 1999.
- MORGAN, A. B.; LEN, C.; MARLAIR, G. **An innovative experimental approach aiming to understand and quantify the actual fire hazards of ionic liquids.** Energy & Environmental Science, v. 6, n. 3, p. 699-710, 2013.
- PERISSI, I.; BARDI, U.; CAPORALI, S.; LAVACCHI, A. **High temperature corrosion properties of ionic liquids.** Corrosion Science, v. 48, n. 9, p. 2349-2362, 2006.
- PREDEL, T.; SCHLÜCKER, E. **Ionic liquids in oxygen compression.** Chemical engineering & technology, v. 32, n. 8, p. 1183-1188, 2009.
- PREDEL, T.; SCHLÜCKER, E.; WASSERSCHIED, P.; GERHARD, D.; ARLT, W. **Ionic liquids as operating fluids in high pressure applications.** Chemical Engineering & Technology, v. 30, n. 11, p. 1475-1480, 2007.
- RANKE, J.; MULLER, A.; BOTTIN-WEBER, U.; STOCK, F.; STOLTE, S.; ARNING, J.; STORMANN, R.; JASTORFF, B. **Lipophilicity parameters for ionic liquid cations and their correlation to in vitro cytotoxicity.** Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 67, n. 11, p. 430-438, 2007.
- ROGERS, R. D.; SEDDON, K. R.; VOLKOV, S. **Green industrial applications of ionic liquids.** Springer Science & Business Media, v. 9, n. 4, p. 149-157, 2012.
- SCHALLER, U.; KEICHER, T.; WEISER, V.; KRAUSE, H.; SCHLECHTRIEM, S. **Synthesis, characterization and combustion of triazolium based salts.** In: Proceedings of the Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium. 2010.
- SEDDON, K. R. **Ionic liquids for clean technology.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 68, n. 4, p. 351-356, 1997.
- SHAMSHINA, J. L.; SMIGLAK, M.; DRAB, D. M.; PARKER, T. G.; DYKES JR, H. W. H., DI SALVO, R.; ROGERS, R. D. **Catalytic ignition of ionic liquids for propellant applications.** Chemical Communications, v. 46, n. 47, p. 8965-8967, 2010.
- SHELDON, R. A. **Green solvents for sustainable organic synthesis: state of the art.** Green Chemistry, v. 7, n. 5, p. 267-278, 2005.
- SMIGLAK, M.; REICHERT, M.; HOLBREY, J. D.; WILKES, J. S.; SUN, L.; THRASHER, J. S.; KIRICHENKO, K.; SINGH, S.; KATRITZKY, A. K.; ROGERS, R. D. **Combustible ionic liquids by design: is laboratory safety another ionic liquid myth.** Chemical Communications, n. 24, p. 2554-2556, 2006.
- TSENG, C. H.; CHANG, J. K.; CHEN, J. R.; TSAI, W. T.; DENG, M. J.; SUN, I. W. **Corrosion behaviors of materials in aluminum chloride-1-ethyl-3-methylimidazolium chloride ionic liquid.** Electrochemistry Communications, v. 12, n. 8, p. 1091-1094, 2010.
- WELTON, T. **Ionic liquids in green chemistry.** Green Chemistry, v. 13, n. 2, p. 225-225, 2011.
- ZHAO, D.; LIAO, Y.; ZHANG, Z. **Toxicity of ionic liquids.** Clean-soil, air, water, v. 35, n. 8, p. 42-48, 2007.

CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Zeferino José Alencar Bezerra

Centro Universitário Cesmac, Discente do Programa de Pós-graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA.

Maceió – Alagoas

Emerson Acácio Feitosa Santos

Centro Universitário Cesmac, Docente do Curso de Engenharia Civil

Maceió – Alagoas

João Gomes da Costa

Centro Universitário Cesmac, Docente do Programa de Pós-graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA.

Maceió – Alagoas

Thiago José Matos Rocha

Centro Universitário Cesmac, Docente do Programa de Pós-graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA.

Maceió – Alagoas

Aldenir Feitosa dos Santos

Centro Universitário Cesmac, Docente do Programa de Pós-graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA.

Maceió – Alagoas

Jessé Marques da Silva Júnior Pavão

Centro Universitário Cesmac, Docente do Programa de Pós-graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA.

Maceió – Alagoas

ao longo dos anos com os impactos ambientais decorrentes da construção de rodovias. Por um lado melhoram os deslocamentos, por outro causam impactos no meio ambiente. Buscou-se analisar a produção científica sobre impactos ambientais decorrentes de obras de rodovia. Através de uma revisão integrativa utilizando uma série histórica de 2000 a 2017 foram produzidas tabelas e gráficos, baseadas no Banco de Teses, Dissertações e Periódicos da Capes e nos indexadores: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), *Science Direct* e Google Acadêmico. Foram utilizados critérios de exclusão, para artigos em duplicidade e inclusão de artigos que dão consistência teórica à pesquisa. Esta foi classificada quanto ao meio impactado, quanto à distribuição nos continentes, nas regiões brasileiras e quanto à origem dos documentos pesquisados. Após a utilização dos critérios foram obtidos 162 documentos. Destes, 32,8% foram encontrados no Google acadêmico. A quantidade de pesquisa de 2017 é igual a todo o período 2000 a 2008. Da América do Sul foi encontrada a maior quantidade de documentos. A região Sudeste concentra a maioria das pesquisas. Esta maioria aborda o meio ambiente de forma integrada. Conclui-se que é crescente a preocupação com impactos ambientais causados por estradas.

PALAVRAS-CHAVE: Estradas. Meio Ambiente. Impacto Ambiental.

RESUMO: O mundo inteiro tem se preocupado

ABSTRACT: The whole world has been concerned over the years with the environmental impacts of road construction. On one hand they improve the displacements, on the other they cause impacts on the environment. We sought to analyze the scientific production on environmental impacts resulting from highway works. Through an integrative review using a historical series from 2000 to 2017 tables and graphs were produced, based on the Capes Bank of Theses, Dissertations and Periodicals and in the indexes: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Science Directy and Google Scholar. Exclusion criteria were used for articles in duplicate and inclusion of articles that give theoretical consistency to the research. This was classified according to the impacted medium, as to the distribution in the continents, in the Brazilian regions and as to the origin of the documents surveyed. After the criteria were used 162 documents were obtained. Of these, 32.8% were found in Google scholar. The amount of research for 2017 is equal to the entire period 2000 to 2008. From South America the largest amount of documents was found. The Southeast region concentrates most of the research. This majority addresses the environment in an integrated way. It is concluded that there is growing concern about environmental impacts caused by roads.

KEYWORDS: Roads. Environment. Environmental Impact.

1 | INTRODUÇÃO

A busca pelo desenvolvimento sustentável tem se tornado pelos governos conscientes e modernos, uma meta, em virtude do crescente número de impactos ambientais (BESEN; HENKES, 2012), o que tem despertado preocupação no meio acadêmico e corporativo, passando também às esferas governamentais e na sociedade como um todo (MENEZES, 2016).

Nesta perspectiva, as obras de construção de rodovias são motivos destas preocupações, porque promovem impactos que interferem positiva ou negativamente no meio, afetando as esferas ambiental, social e econômica (AMORIM; MELO 2014).

As interferências positivas são caracterizadas pela fluidez no trânsito e medidas de segurança. Ainda neste foco, os benefícios decorrentes de um projeto rodoviário são considerados como o conjunto de vantagens ponderáveis direcionadas aos seus usuários e a coletividade e que podem se configurar em redução do tempo de viagem, do número de acidentes, dos custos operacionais dos veículos e da redução de emissão de gases poluentes. Já as interferências negativas são caracterizadas pela remoção de vegetação, os aterramentos e as desapropriações (AMORIM; MELO 2014).

Rodovias são estruturas complexas que têm por objetivo principal servir como vias de transportes terrestres para pessoas e cargas (BANDEIRA; FLORIANO, 2004). Segundo Simonetti (2010), os projetos rodoviários se destacam por ter uma área de abrangência e interferência maior do que os outros meios de transportes, promovendo uma flexibilidade de deslocamentos, embora, ampliem a área de influência dos impactos (PIRES, 2010).

Todavia, os desdobramentos deste uso se configuram ainda na ocupação de território, onde segundo Astolphi (2014), pode-se entender o conceito de territorialidade como controle sobre uma área ou espaço. A autora define como GPIs (Grandes Projetos de Investimentos) e destaca as rodovias como uma lógica materialista e predominantemente economicista para responder a determinações e aceções conformadas em espaços relacionais externos aos das populações e regiões nos arredores do empreendimento.

O Brasil utiliza um modelo de extensa implantação de malha rodoviária e larga fabricação de automóveis que acarretará em impactos ambientais causados não só pelas estradas, mas se estendem por toda a paisagem adjacente, gerando impactos: físicos, como erosão e alteração da hidrologia local; químicos, como dispersão de poluentes; e biológicos, como destruição de ambientes naturais, efeito de barreira, subdividindo populações e atropelamentos (ORLANDIN et al. 2015).

Sendo assim, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos naturais (ALMEIDA, 2016; SIMONETTI, 2010; CONAMA, 1996).

Nos últimos anos, a necessidade de analisar os impactos ao meio ambiente, decorrentes da materialização de empreendimentos, evidencia a preocupação com o uso desordenado do solo, e com a dinâmica da territorialização. Cresce ainda mais a preocupação dos partícipes deste processo, sejam eles ambientalistas, pesquisadores, gestores ou mesmo a comunidade.

Neste sentido, esse trabalho teve como objetivo analisar a produção científica sobre impactos ambientais decorrentes de obras de construção, implantação ou duplicação de rodovias.

2 | METODOLOGIA

No primeiro momento da pesquisa foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), através do método de Revisão Integrativa visando contribuir para o aprofundamento do tema pesquisado.

As etapas que sucederam a pesquisa foram as seguintes: Identificação do problema; coleta de dados; análise crítica dos estudos; interpretação dos resultados e discussões.

Foi efetuada inicialmente uma busca de documentos científicos através de acervo bibliográfico composto pelo Banco de Teses, Dissertações e Periódicos da Capes e pelos seguintes indexadores: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), *Science Direct* e Google Acadêmico.

A partir do acesso ao acervo composto, conforme as bases acima indicadas,

e da seleção dos dados observados, foi utilizado os seguintes critérios de inclusão e exclusão: i) arquivos em duplicidade foram excluídos; ii) arquivos que tratam de impacto causados por outro tipo de empreendimento foram excluídos; iii) foram incluídos também arquivos que não tratavam sobre impactos ambientais, mas que dão consistência teórica à pesquisa.

Os documentos pesquisados foram agrupados nas seguintes categorias:

1. Quanto ao meio impactado: foram pesquisados documentos que levaram em consideração impactos ambientais afetando todo o meio simultaneamente. Outros documentos tratavam de impactos especificamente sobre o solo, sobre os recursos hídricos, sobre a fauna sobre a flora e sobre o meio socioeconômico.
2. Quanto aos continentes: procurou-se relacionar documentos que tratam de impactos ambientais provocados por rodovias no mundo inteiro;
3. Quanto às regiões: foram organizados os impactos ambientais selecionando os documentos pesquisados de acordo com as regiões brasileiras considerando as bases pesquisadas;
4. Quanto aos documentos: foram pesquisados e organizados segundo sua natureza: foram selecionadas para a pesquisa as teses as dissertações, artigos, resumos de congresso e artigos.

Os termos de indexação utilizados para a coleta dos dados do referido acervo, foram escolhidos partindo-se do pressuposto de qual elemento seria o causador de impactos ao meio ambiente, possível de ser encontrado em quantidade e com maior facilidade. Foram utilizados inicialmente os termos *Road*, estradas, *highway*, rodovias e *carreteras*. De posse da quantidade disponível, optou-se em seguida por refinar a pesquisa utilizando os termos: impacto ambiental, *environment impact*.

O termo *Roads* constituiu-se no termo de indexação mais acessível e reflete a quantidade de insumos para a realização de pesquisa na área. No entanto, quando se introduz os termos de indexação: impactos ambientais em estradas ou *environment impact roads*, reduz bastante a quantidade de artigos, teses e dissertações.

Destaca-se também que dentre os trabalhos armazenados, os de cunho socioeconômico que não tratam diretamente de impacto ambiental, todavia dão consistência teórica à fundamentação da pesquisa por isso foram incluídos.

Para a coleta dos dados foi delimitada uma série histórica a partir de 2000 até 2017, incluindo artigos contidos em periódicos e ainda teses e dissertações nos idiomas português, inglês e espanhol.

Com a base de dados já estruturada optou-se inicialmente por verificar a distribuição destes trabalhos no decorrer do tempo. Em seguida, estruturou-se em intervalos de classe com amplitude de 3 anos. Essa distribuição reflete o comportamento em relação aos indexadores escolhidos. Outras informações foram também inclusas estabelecendo o objeto da pesquisa relativo aos impactos causados pelas rodovias.

Foi estruturada uma seleção de trabalhos por meio afetado, levando-se em

consideração: trabalhos relatando impactos sobre a fauna, a flora, o solo, os recursos hídricos, o meio ambiente como um todo envolvendo o ar, ruído, e ainda, os trabalhos de cunho socioeconômico.

Por fim, foi distribuída a quantidade de trabalho em relação às regiões do país, dada a sua diversidade geográfica, natural e estratificação social, bem como a desigualdade econômica.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contabilizando os números de trabalhos encontrados sobre os termos de indexação “roads” ou “estradas” foram encontrados 799.426 materiais digitais. Quando se utiliza o termo de indexação “environment impact” road a quantidade de materiais digitais modifica bastante. Como exemplo, utilizando o indexador *Directy Science* que apresentou 755.859 materiais digitais, ao introduzir o termo impacto ambiental sobre rodovias observou-se uma quantidade de 134.430 trabalhos, o que significa um redução de 82,21% do total inicialmente verificado.

Após a utilização dos critérios de exclusão e inclusão foram obtidos 12 teses, 34 dissertações e 116 artigos totalizando os 162 trabalhos, apresentados na tabela 1.

Indexadores	Termos de indexação	Trabalhos utilizados
Teses e Dissertações Capes	Estradas, roads, Impactos ambientais	30
Scielo	Roads, environment Impact roads	17
Periódicos Capes	Roads, estradas, impactos ambientais, environment impact road	12
Science Directy	Roads, environment impact roads, highway	41
Google Acadêmico	Estradas, Rodovias, Impacto ambiental em estradas, Highway	62

Tabela 1 - Termos de Indexação e Indexadores, relacionados aos trabalhos envolvendo impactos ambientais em rodovias, no período de 2000 a 2017.

Fonte: Dados da Pesquisa

O Google reuniu o maior número de trabalhos. Representou 38,27% do total dos 162 trabalhos. Juntos: teses, dissertações e periódicos da Capes somam 42 trabalhos correspondendo a 25,92% do total. O Indexador Science Directy com 25,30% também se revelou um percentual significativo. Já o indexador Scielo representou 10,49% dos trabalhos pesquisados.

Alinhando estes entendimentos citados no parágrafo anterior, o gráfico 1 mostra o crescimento do número de trabalhos na década passada até os dias de hoje. Especialmente no ano de 2017 o qual foi observado grande quantidade de trabalhos

totalizando 30, número este que se equipara a soma das quantidades de trabalhos nos anos 2000 a 2008. Da série histórica analisada no presente trabalho, o ano de 2017 foi o expoente quanto às preocupações ambientais decorrente da materialização de um projeto rodoviário.

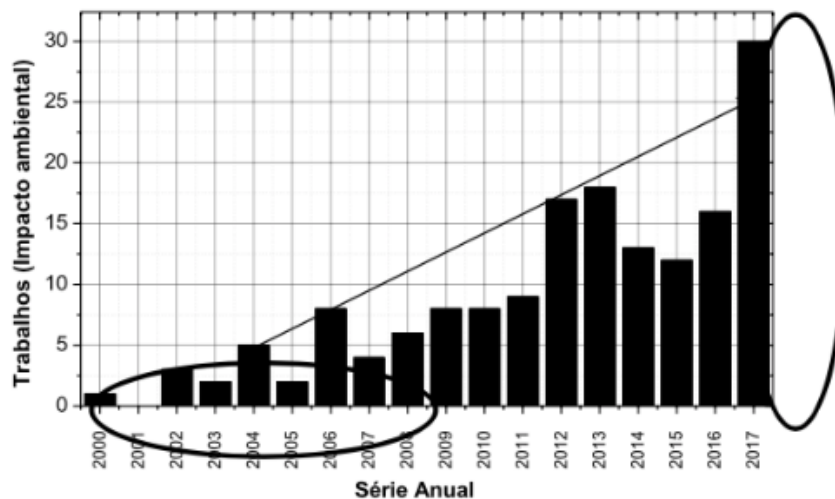


Gráfico 1 - Crescimento do número de trabalhos no tempo.

Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se pelo Gráfico 1 que questões ambientais vêm ao longo dos tempos se tornando objeto de discussão dada a preocupação mundial, tendo em vista que o problema é antigo. Todavia, só a partir dos anos 90 é que os líderes mundiais resolveram atacar o problema de maneira conjunta e intensa. Souza (2016) destaca essa preocupação como um despertar de consciência ambiental que evolui no decorrer do tempo. O mesmo autor destaca alguns eventos que versam sobre a temática e refletem essa evolução no tempo, como: o clube de Roma em 1968, relatório *Brutland* de 1972, ECO 92 e Agenda 21. Ainda conforme Souza (2016), esses eventos foram decisivos e desencadearam maior preocupação ambiental e o surgimento do termo “Desenvolvimento Sustentável” que de acordo com a definição do Rio+20 (2012), consiste num modelo que prevê a integração entre economia, sociedade e meio ambiente, onde o crescimento econômico leva em consideração a inclusão social e proteção ambiental.

Baseado nisso, entende-se que a atenção dos líderes reflete no comportamento acadêmico incrementando a quantidade de pesquisas. Concomitantemente, o desenvolvimento econômico de um país é influenciado pelo planejamento e o desenvolvimento de sistemas de transporte. Embora, como pré-requisito os transportes apresentam facilidade de mobilidade e de acessibilidade a qualquer lugar, sendo como uma “chave” para o desenvolvimento econômico, este serviço de transporte em conjunto à atividade industrial causa degradações acelerada do meio ambiente e juntas favorecem com altos números de impactos negativos (SILVA, 2017).

Ao distribuir a série temporal de três em três anos, conforme o gráfico 2, pode-se observar o crescimento do número de trabalhos nos dois últimos triênios, o que mostra a evolução e preocupação com o desgaste causado pelo corte na natureza.

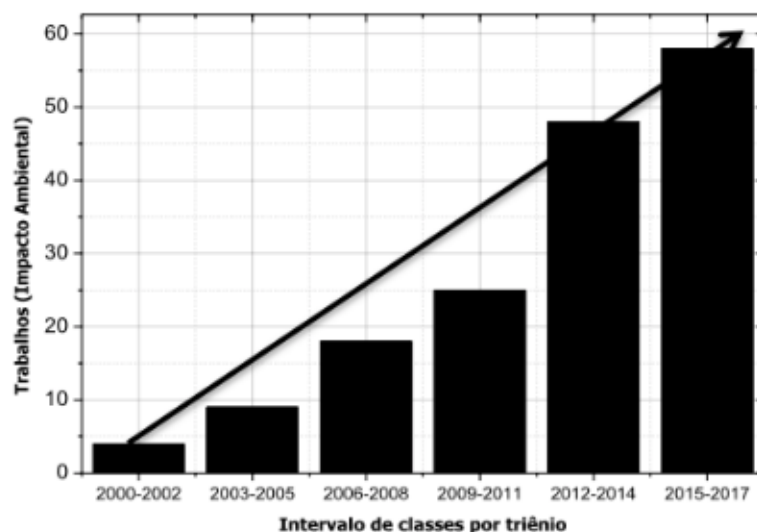


Gráfico 2 - Distribuição trienal de trabalhos.

Fonte: Dados da pesquisa 2018

Ao comparar o primeiro triênio de 2000 – 2002 com apenas 4 trabalhos e o último triênio de 2015 – 2017 com 58 trabalhos, pode-se observar a preocupação com impactos promovidos por rodovias. Pode-se entender que partindo do pressuposto da degradação ambiental e da limitação dos recursos naturais surge a necessidade de se repensar a atual velocidade de exploração dos recursos naturais e o tempo que a natureza leva para repô-los. Nesse contexto, começa a emergir a preocupação com o fim dos recursos e as consequências da vigência do atual modelo de produção, que está pondo em cheque o meio ambiente atual e comprometendo as gerações vindouras (SOUZA, 2016).

A Agência Internacional de Energia (2010) prevê que em torno de 2050 haverá 60% mais rodovias do que em 2010, o que representa aproximadamente um aumento de 14 milhões de quilômetros de novas rodovias pavimentadas até 2030 e mais 11 milhões até 2050, o suficiente para circular a Terra mais de 600 vezes (REZENDE; COELHO, 2015). Pode-se deduzir que os impactos ambientais deverão seguir o crescimento proporcional mesmo que, novas políticas de preservação sejam criadas e implementadas.

Levando-se em consideração o esforço conjunto dos países, buscou-se avaliar o número de trabalhos de pesquisa no decorrer do tempo em relação aos continentes, destacando-se a divisão do continente americano para melhor reflexão dos resultados esperados.

Pode-se observar no gráfico 3, a proporção de trabalhos de cada continente em relação ao número de documentos pesquisados. O maior número de pesquisas

ligadas às questões ambientais na construção de estradas aponta para a América do Sul, seguido da Europa, Ásia e América do Norte, alcançando menores percentuais a África, Oceania e América Central em relação aos trabalhos utilizados nesta pesquisa. Isso se deve ao fato de que políticas de melhoria de infraestrutura de transportes foram implementadas, principalmente no Brasil através do Plano de Aceleração do Crescimento-PAC, que contemplou essas infraestruturas com investimentos e desenvolvimento de projetos.

Couto (2008) destaca a proposta da Iniciativa de Integração da Infraestrutura Regional Sulamericana-IIRSA, lançada no ano 2000 como o mais ambicioso projeto nas áreas de transporte, energia e telecomunicações. Abrange doze estados e divide a América do Sul em dez grandes eixos, integrando cadeias produtivas, aumento do fluxo comercial regional e de convergência com o circuito de trocas mundiais. Couto (2008) afirma ainda que apesar da retórica de integração, o desenvolvimento local, o forte impacto ambiental e social.

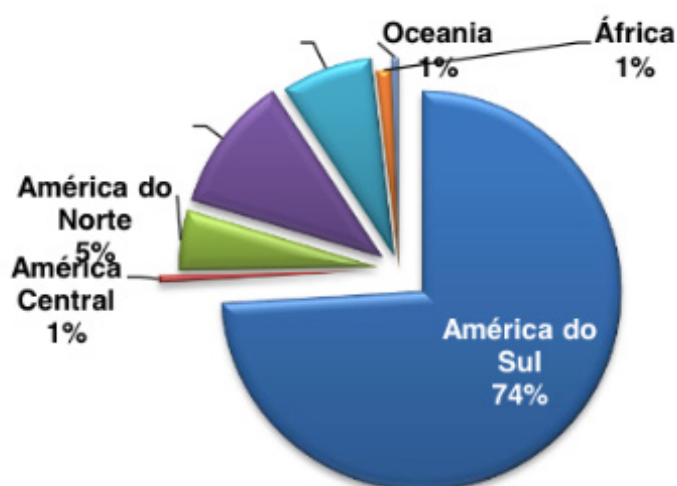


Gráfico 3 - Distribuição de trabalhos nos continentes.

Fonte: Dados da pesquisa 2018

De acordo com a Agência Internacional de Energia (2010), 90% de novas rodovias serão construídas nas nações em desenvolvimento, que sustentam os ecossistemas biologicamente mais importantes da Terra (REZENDE; COELHO, 2015). A proposta da IIRSA e o PAC reforçam essa informação de que o interesse de reforçar a logística de transporte, para escoamento, principalmente da produção agrícola do Centro Oeste e Norte do país, visando à integração com o pacífico como afirma Verdum (2008).

Tendo em vista a importância do tema no mundo inteiro, buscou-se identificar, através da base construída a distribuição de trabalhos utilizados para esta pesquisa em relação aos continentes com observado na Tabela 2:

Continentes	Bases de pesquisa					Total
	Scielo	Teses e Dissertações da Capes	Periódicos Capes	Science Directy	Google Acadêmico	
América do Sul	15	30	12	3	60	120
América Central	-	-	-	1	-	1
América do Norte	2	-	-	5	1	8
Europa	-	-	-	17	1	18
Ásia	-	-	-	12	-	12
África	-	-	-	2	-	2
Oceania	-	-	-	1	-	1
Total	17	30	12	41	62	162

Tabela 2 – Distribuição de trabalhos por continentes.

Fonte: Dados da pesquisa 2018

Consoante ao que foi pesquisado, a América do Sul apresenta apenas 0,02% dos trabalhos no indexador Science Directy considerando o termo de indexação *roads environment impact*, enquanto que o indexador Google Acadêmico apresentou 37%. As teses, dissertações da CAPES corresponderam a 18,52% e os periódicos a 7,4% dos trabalhos. Na base Scielo 9% foram contabilizados do total dos 162 trabalhos. Os 42 trabalhos estrangeiros constituem 25,92% em relação ao total de trabalhos utilizados. É pertinente afirmar que a base de dados constituída é representativa, e dá consistência teórica a pesquisas envolvendo impactos ambientais em rodovias. Resende e Coelho, (2015) ressaltam ainda que no Brasil, a construção rodoviária assume especial relevância, considerando suas dimensões continentais, onde a ausência dessas rodovias impacta negativamente na exportação de produtos e conseqüentemente no desenvolvimento econômico.

As estruturas rodoviárias demandam de cuidados desde a sua concepção, na sua materialização até a sua utilização. Um empreendimento desta natureza apresenta diferentes etapas até sua conclusão. Sendo assim, também são identificados diferentes tipos e níveis de impactos ambientais (PANAZZOLO et al. 2012). A implementação dessas estruturas carece de regras cada vez mais rígidas, visando causar o mínimo impacto possível.

Outra relação importante a ser demonstrada é a quantidade de trabalhos realizados no período de 2000 a 2017 distribuídos por região no Brasil. Em se tratando de um país de diferenças físicas, climáticas e econômicas em cada região a referida distribuição se apresenta conforme a Tabela 3.

Regiões do Brasil	Bases de Pesquisa					Total
	Scielo	Teses e Dissertações da Capes	Periódicos Capes	Science Directy	Google Acadêmico	
Norte	4	2	1	0	8	15
Nordeste	3	1	1	1	8	13
Centro Oeste	-	2	1	-	4	7
Sudeste	7	19	4	-	21	51
Sul	1	6	5	1	18	31
Total	15	30	12	2	59	118

Tabela 3 - Distribuição de pesquisas por região do Brasil.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Observa-se de início, que a distribuição de pesquisas por região é proporcional ao crescimento econômico levando em consideração as regiões sudeste e sul, que representam a maior parcela do crescimento econômico e detêm maior parte do PIB do País que, Juntas somam 71,4% do total, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014). Com os indexadores Teses e Dissertações da Capes e o Google Acadêmico, obteve-se maior quantidade de pesquisas, correspondendo a 78,4% dos trabalhos oriundos da região sudeste.

Em relação à malha viária do Norte, a proporção de trabalhos referentes a impacto ambiental causado por rodovias corresponde a 13%, se observado do ponto de vista da quantidade de quilômetros (extensão) de rodovia nesta mesma região e a densidade florestal lá encontrada. Conforme o Departamento de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2008), a extensão rodoviária federal daquela região corresponde a 22.524,2 km. O indexador *Science Directy* contribuiu com 2% dos trabalhos, sendo um da região Nordeste e outro da região Sul.

Dos trabalhos utilizados para esta pesquisa, 44% são do Sudeste, percentual considerável de trabalhos pesquisados que em linhas gerais refletem uma proporção com o desenvolvimento econômico da região. Algumas intervenções no território podem contribuir para a concentração da atividade econômica, atuando como elemento de fortalecimento dos centros hegemônicos e enfraquecimento dos espaços periféricos. Este pode ser o caso dos investimentos em infra-estrutura de transportes e centros de desenvolvimento científico e tecnológico (RUIZ; DOMINGUES, 2008). Segundo a Capes (2016), as quantidades de programas de Pós-Graduação na área Ambiental demonstram uma tendência de crescimento com a relação aos trabalhos distribuídos por região, ressaltando a região Sudeste a qual possui maior quantidade e maior crescimento tanto de trabalhos quanto de programas, apresentando um crescimento de 30% entre 2011 e 2015 quando comparado as outras regiões do Brasil.

Já o Nordeste e o Centro Oeste cresceram em relação à quantidade de programas em 22% e 16%, enquanto que o Norte tem o menor percentual (10%). A Região Sul a exemplo do sudeste tem trabalhos proporcionais ao número de programas e sua

evolução, bem como do crescimento econômico.

Ainda segundo a Capes (2016), no Brasil a evolução de programas da área ambiental neste mesmo período (2011 a 2015) chegou a 102%. Em 2011 eram 57 programas passando em 2015 para 115.

Na região Nordeste a proporção encontrada foi de 11% do total dos trabalhos, enquanto que a região Norte apresentou 13% deste total. O norte contém grandes extensões territoriais e vias de longas extensões por km de rodovia e também vegetação característica, formada pela floresta equatorial. Ruiz e Domingues (2008) ressaltam que a região Nordeste compõe-se de nove estados com rodovias que cortam uma diversidade vegetal desde a caatinga no semiárido até a mata atlântica, onde se pode deduzir que a flora, por consequência, também varia e em decorrência o impacto sobre ela.

A região Centro-Oeste, de acordo com as bases de documentos pesquisados apresenta o menor percentual de trabalhos. No entanto, é a região que detém a maior produção de soja do Brasil e seu escoamento se dá por modal rodoviário. Correa e Ramos (2010) afirmam que, não houve uma preocupação com a demanda de infraestrutura para o escoamento da produção de soja nesta região. Destacam que o modal rodoviário para o transporte de cargas seria o mais viável para este tipo de produto e que não houve ação mais efetiva por parte de gestores. Por conseguinte, a quantidade de trabalho parece ser compatível com a demanda de infraestrutura.

Por outro lado, Silva (2017), ressalta que os sistemas rodoviários têm impactado os meios socioeconômico, biótico e físico, sendo este último o mais prejudicado por proporcionar alteração na paisagem, no solo, na água e no ar.

Neste sentido, o crescimento de pesquisas que refletem a preocupação com os impactos causados por uma estrada é representado no gráfico 4, ao observar a quantidade de pesquisas por meio afetado (fauna, flora, recursos hídricos, solo, meio socioeconômico e meio ambiente). Foram encontrados e selecionados, trabalhos que tratavam do meio ambiente, considerando todos os seus componentes sendo analisados os impactos ambientais conjuntamente. Outros trabalhos relataram impactos ambientais isoladamente.

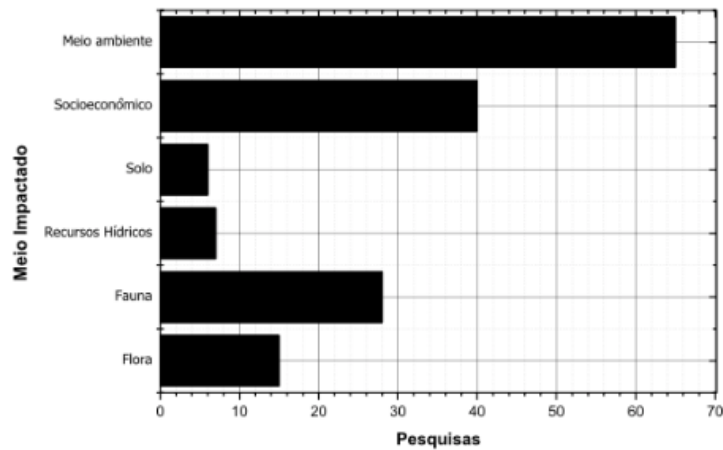


Gráfico 4 - Quantidade de trabalhos em relação ao meio afetado.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Ainda analisando o gráfico 4 em relação ao meio impactado observa-se que os trabalhos retratam o prejuízo ao meio ambiente, com um percentual de 40,12% do total dos trabalhos o que reforça a afirmação de Silva (2017) ao apontar os sistemas rodoviários como causadores de impactos ambientais, como desmatamentos, perda da diversidade biológica, a alteração do sistema natural de drenagem e a degradação do solo (PANAZZOLO et al., 2012).

Verificou-se também uma quantidade considerável de trabalhos que impactam na fauna nos mais variados habitats. Essas pesquisas montaram num total de 28, correspondendo 17,28% destes trabalhos. Entre os impactos a fauna, os mais expressivos trabalhos, abordam os atropelamentos de vertebrados: mamíferos, répteis e anfíbios. Destes, também foi observada a modificação de hábitos de algumas espécies, conforme comprovado em alguns artigos. Como exemplo Lauxen (2012), relata efeitos subjacentes como a fragmentação e alteração nas características dos habitats. Por outro lado, Rosa (2012) afirma que para a fauna, a rodovia atua como barreira de dispersão causando inacessibilidade a recursos e fragmentação de populações, resultando na redução do tamanho e da persistência destas e alteração da estrutura e dinâmica de comunidades e ecossistemas. No Brasil ainda são poucos os trabalhos publicados sobre impacto à fauna por atropelamento (PRADA, 2004).

O número relativo à flora correspondendo a 9,26% do total ressalta a importância de estudos voltados para a temática, uma vez que as rodovias cruzam áreas de riqueza e/ou densidade florestais e os trabalhos são específicos a essas áreas. Carneiro e Adorno (2010) tratam de áreas protegidas do cerrado, na região do Jalapão, em Tocantins e destacam que os processos de fragmentação vêm ocorrendo em diversas Unidades de Conservação (UCs), tais como: o Parque Nacional das Emas (sudoeste goiano GO-050), Parque Nacional da Serra da Canastra (MG-050), Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (MT-020), Parque Nacional da Serra da Capivara (Piauí BR-020), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Goiás GO-239), Parque Estadual

do Jalapão (Tocantins TO-110) dentre outras UCs (CARNEIRO; ADORNO 2010).

Os trabalhos relacionados ao impacto no solo correspondem a 0,04% do total utilizado. Em análise às pesquisas verifica-se o desdobramento sobre o próprio solo, destacando-se a erodibilidade e a fragilidade ambiental. Ou seja, o desdobramento em outros elementos do ecossistema. Bandeira e Floriano (2004) destacam que além do rasgo longitudinal do solo outros elementos também são atingidos como a estabilidade de maciços e taludes onde a declividade desses elementos, pode ser alterada e as encostas adjacentes à estrada poderão estar sujeitas a erosão, dentre outros.

A quantidade de pesquisas que relatam estudos dos impactos promovidos por rodovias sobre os recursos hídricos, extraída da base de dados produzida em função dos indexadores tabulados, é de 4,3% do total. Entende-se que os impactos atingem corpos hídricos como: bacias hidrográficas, rios e córregos, aquíferos e outros e estes pode diretamente sofrer alteração e influência danosa já de imediato quando do direcionamento de águas de chuva conduzidas a estes mananciais.

Diante dos reduzidos percentuais de trabalhos que tratam de impactos na flora, fauna, solo e recursos hídricos. Lanchoti (2012) menciona a necessidade de estudos com traçado ambiental prévio, e afirma que de posse de alternativas ambientais de escolha, previamente seria possível fundamentar o processo de decisão e melhor nortear o traçado rodoviário, facilitando o processo de Análise de Impacto Ambiental (AIA).

Como toda obra de grande porte, a instalação de uma rodovia da mesma forma que provoca impacto ambiental, traz também impacto sócio econômico. Benéfico ou não se confrontam com a necessidade de planejar o uso e ocupação do solo. Mesquita et al. (2017), afirmam que modelos de urbanização criam formas e processos espaciais específicos baseados em fatores sociais e econômicos, como o sistema de produção vigente, as relações de produção e a acumulação de capital.

O percentual de trabalhos sobre temas que envolvem estudo socioeconômico remete a 24,69% do total utilizado. A análise destes trabalhos aponta inclusive para a antropização e reorganização do espaço que pode de imediato trazer benefícios econômicos e qualidade de vida para a comunidade beneficiada. Entretanto, o crescimento no tempo provoca novos reordenamentos e conseqüentemente novos prejuízos ao meio ambiente.

Os deslocamentos compulsórios advindos dos grandes empreendimentos provocam mudanças no território (ASTOLPHI, 2014). As formas geográficas, por conterem fração do social, estão sempre mudando de significação, seja por ações internas ou externas, e que a localização ou ponto geográfico é um momento no imenso movimento do mundo, apreendido em um lugar (AMORIM; MELO, 2014).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada junto às bases se mostrou significativa porque retrata no decorrer do tempo o aumento de trabalhos sobre impacto ambiental provocado pela materialização de rodovias. Fica cada vez mais claro que o dano ambiental de estruturas lineares que alcançam longas distâncias tem a capacidade de modificar os mais variados habitats, e mais ainda os ecossistemas.

Parte considerável das pesquisas analisadas delimitam pequenos espaços específicos retratando realidades locais onde claramente pode-se perceber a modificação de micro ou subsistemas.

A quantidade de trabalhos de macro impacto configurado ao longo de toda a região cortada por uma rodovia, leva em consideração a soma dos impactos ao meio ambiente abordando conjuntamente a fauna, a flora, os recursos hídricos, o solo e o ar, além dos impactos socioeconômicos, naturalmente caracterizam esses grandes impactos. Sendo assim, a modificação de uso do solo promove ao longo do tempo as mudanças de costumes, mudanças de hábitos e mudança de cultura de uma região. Promovem inclusive, superpopulação, aumento de volumes de tráfego, outros impactos ambientais decorrentes desta modificação de uso do solo.

Este trabalho alcança a organização e sistematização de maneira que pode-se definir análise de situações problemas que tenham preocupações futuras e maiores cuidados com a fase de operação de uma rodovia, onde os impactos são pouco monitorados pelo poder público e grupos de ambientalistas. Estes realmente provocam grandes alterações no espaço adjacente à rodovia, sendo explorado de diversas formas, onde podem ser caracterizados os maiores passivos ambientais.

Finalmente, sugere-se que pesquisas desta natureza possam refinar ou minerar ainda mais essas publicações de maneira que novos dados possam ser cruzados e, produzam novas informações que contribuam para o desenvolvimento de novos conhecimentos que venham a promover regras, normas e condutas, bem como produtos e serviços afinados com tecnologias que possam auxiliar, e viabilizar o desenvolvimento sustentável de regiões por onde uma rodovia cortar o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E.G.; de MELLO, L. F. **O Espaço Produzido e Consumido pelas Rodovias: o Caso da Duplicação da Rodovia dos Tamoios–SP**. Revista Espinhaço. São Paulo, (UFVJM), v.3, n.1, p. 87-97, abr.2014.

ALMEIDA, Eliane Lima. **Avaliação de impacto ambiental da rodovia dos tamoios – trecho planato: implicações para a vegetação**. Dissertação (Mestrado) 181 f., Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2016.

ASTOLPHI, Joana D’Arc Vieira Couto. **Território: das diferentes acepções à dinâmica do uso pelos grandes empreendimentos e as implicações na saúde coletiva**. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde – Uberlândia, v. 10, n.18, p.149-166, mai. 2014.

BANDEIRA, C.; FLORIANO, E. P. **Avaliação de impacto ambiental de rodovias.** Caderno Didático nº 8, 1ª ed. Santa Rosa, v.1, n.8, p.16, 2004.

BESEN, G. C.;HENKES, J. A. **Supervisão e gerenciamento ambiental em obras rodoviárias: estudo de caso sobre a duplicação da BR-101 Sul.** Revista Gestão de Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 180 - 240, out./mar. 2012.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986. **Estabelecem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da política nacional do meio ambiente.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p.2548-2549, 17 fev. 1996.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997. **Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p.30841-30843, 22 dez. 1997. (b).

CORREA, V. H.C.; RAMOS, P. **A precariedade rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: Situação e perspectivas.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 48, n. 2, p. 447-472, abr./jun. 2010.

COUTO, Alessandro Biazzi. **A atuação das grandes empreiteiras brasileiras na integração de infraestrutura na América do Sul.** In: VERDUM, Ricardo (Org.). Financiamento e mega projeto: Uma interpretação da dinâmica regional sul-americana. Brasília: Inesc, 2008. p 79-88.

LANCHOTI, Andressa de Oliveira. **Avaliação ambiental estratégica: sugestões em busca de um desenvolvimento sustentável no Brasil.** BENJAMIN, Antonio Herman et al (coords). In: Anais do 17º Congresso Brasileiro de Direito Ambiental. v. 1. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2012. p. 217-232.

LAUXEN, Mozart da Silva. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão.** 2012. 146f Trabalho de Conclusão de Curso. (Especialização). Instituto de Biociências. Curso de Especialização em Diversidade e Conservação da Fauna. Universidade federal do Rio Grande do sul. Porto Alegre, 2012.

MENEZES, Denis Pinto et al. **Gestão ambiental em rodovia: perícia em rodovia para identificar e valorar impacto ambiental por descarte e acúmulo de resíduos sólidos.** Revista Internacional de Ciências, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 44-63, jan./jun., 2016.

MESQUITA, F. N.; SILVESTRE, K.S.; STEINKE, V.A. **Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016.** Revista Brasileira de Geografia Física, Brasília v. 10, n. 03, p. 722-734,2017.

ORLANDIN, Elton. et al. **Mamíferos de médio e grande porte atropelados no Oeste de Santa Catarina.** Revista Macapá, v.5, n.4, p. 125-130, set./nov., 2015.

PANAZZOLO, et al. **Gestão ambiental na construção de rodovias – O caso da BR-448 - Rodovia do Parque.** In: 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 8., 2012. Bento Gonçalves, Anais do 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves, 2012, p. 1-8.

PIRES, R. F. **Avaliação socioeconômica do projeto da BR-448: uma abordagem simplificada utilizando a análise de custo-benefício.** 2010. 99f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PRADA, Cristiana de Santis. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo**: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 2004, 129f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2004.

ROSA, Clarissa Alves. **Efeito de borda de rodovias em pequenos mamíferos de fragmentos florestais tropicais**. 2012. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RUIZ, R. M.; DOMINGUES, E. P. **Aglomerções no Sul Sudeste e no Nordeste Brasileiro: Estruturas, Escalas e Diferenciais**. Revista Estudos Econômicos, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 701-746, out./dez. 2008.

SILVA, Laura Cristina Paes De Barros. **A geração de impacto ambiental das obras de engenharia**. Revista Biodiversidade, Cuiabá, v. 16, n. 1, p. 179-188, 2017.

SIMONETTI, Henrique. **Estudos de Impactos Ambientais Gerados pelas Rodovias**: sistematização do processo de elaboração de EIA/RIMA. 2010. 55f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOUZA, C. P. **Licenciamento ambiental: como instrumento do disciplinamento do uso e ocupação do solo urbano**. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 177-193, out./mar. 2016.

A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO

Maria Lia Scalli Fonseca

Graduanda em Engenharia, Universidade de São Paulo (USP).

Técnica em Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo (IFSP) - *lilous2000@gmail.com*

Felipe de Lucas Barbosa

Graduando em Engenharia (USP).

Técnico em Mecânica (IFSP) - *felipe.l.barbosa@usp.br*

José Otavio Baldinato

Doutor em Ensino de Ciências (USP). Professor do departamento de Ciências e Matemática, Subárea Química (IFSP) - *baldinato@ifsp.edu.br*

RESUMO: Partindo de pesquisa historiográfica sobre o papel dos agentes imponderáveis na filosofia natural entre os séculos XVIII e XIX, os estudantes/pesquisadores envolvidos neste projeto assumiram o desafio de construir dispositivos experimentais capazes de explorar propriedades dos agentes invisíveis calor e eletricidade. Com isso identificamos na história da ciência uma estratégia para integração didática das disciplinas de química e mecânica no âmbito do ensino médio integrado ao técnico.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de química, Mecânica, Calor, Eletricidade.

ABSTRACT: Historiographical research show that uncovering properties of invisible agents played a major role in the studies of natural philosophy in the 18th and 19th centuries. Based on that, the students/researches involved in this project took up the challenge of constructing experimental devices to tackle heat and electricity. Results allow us to take history of science as a useful strategy for integrating the classes of chemistry and mechanics in the scope of secondary technical education.

KEYWORDS: Chemistry teaching, Mechanics, Heat, Electricity.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 9.394/1996, chama-se de “integrado” o curso em que os estudantes adquirem uma formação profissional técnica na mesma escola e ao mesmo tempo em que frequentam o Ensino Médio, tendo para isso realizado uma única matrícula. No entanto, o cotidiano dessas escolas técnicas revela uma série de desafios que precisam ser superados para que o adjetivo “integrado” tenha, de fato, um significado em termos pedagógicos (MACHADO, 2010). A articulação das disciplinas técnicas com as da formação geral é um desses desafios.

Neste artigo apresentamos a pesquisa

conduzida por dois estudantes do Ensino Médio oferecido pelo campus São Paulo da rede de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP). A pesquisa foi realizada no âmbito do Programa Institucional de Iniciação Científica Júnior e nosso objetivo era utilizar a história da ciência como estratégia para a integração dos saberes desenvolvidos nas disciplinas de química e mecânica do curso de nível médio integrado ao técnico do IFSP. A proposta envolveu o resgate de uma prática que era habitual na filosofia química do início do século XIX, a saber, a produção de experimentos com a finalidade de tornar observáveis as propriedades de certos agentes invisíveis, como o calor e a eletricidade (BALDINATO, 2015). Assim, partindo dessa motivação histórica, fomentamos o estudo e a aplicação de técnicas mecânicas para construir aparatos químicos que permitissem explorar propriedades desses agentes imponderáveis.

Com essa proposta, além de promover um aprofundamento dos estudos de química e mecânica dos alunos/pesquisadores, pretendíamos iniciar uma coleção de kits experimentais que pudesse ser utilizada por outros professores e turmas do IFSP. Desta forma, a pesquisa que relatamos neste artigo se coloca na interface entre as áreas de história da ciência e ensino, e visa contribuir com o aprimoramento das relações de ensino e aprendizagem, dando um passo em direção à almejada integração dos saberes trabalhados na Educação Profissional Técnica de Nível Médio.

Neste artigo detalhamos os resultados obtidos na pesquisa historiográfica e na construção mecânica de dois dispositivos experimentais, um abordando propriedades do calor e o outro, da eletricidade.

2 | JUSTIFICATIVA

Atividades experimentais têm grande importância no ensino da química (GALIAZZI et al. 2001). Além de possibilitarem o exercício da observação, da formulação de indagações e de estratégias para respondê-las, essas atividades são significativas para a assimilação de conteúdos científicos e podem contribuir para o ensino de aspectos da natureza da ciência (NdC), como o seu caráter dinâmico e contextual (SILVA, 2013; MARTINS, 2015).

Por sua vez, a história da ciência é uma ferramenta de extrema importância para a didática das ciências, pois seja como conteúdo ou como estratégia, facilita a compreensão de conceitos, modelos e teorias, além de ser importante elemento motivador para o estudo.

Souza (2012) ressalta que um experimento de natureza química, se apresentado dentro do seu contexto, contribui para que o aluno desenvolva uma discussão sobre o método científico utilizado. Já Silva (2013) associa a reprodução de experimentos históricos à possibilidade de o aluno entender o cientista do passado e as intenções deixadas pelos seus textos. Além disso, o aluno pode entender como a construção de um experimento e a interpretação dos seus resultados são dependentes de

alguma teoria que orienta o olhar do cientista, ressaltando a dimensão humana e consequentemente, falível da ciência.

Para além da contribuição que esse trabalho poderá deixar às aulas de química e de mecânica no IFSP, consideramos importante enfatizar a valorização da formação técnica dos estudantes que conduziram essa pesquisa. Isso porque encontramos na proposta de construção desses dispositivos experimentais uma oportunidade para aplicar seus conhecimentos aprendidos nas disciplinas técnicas do curso, fomentando um melhor aprendizado de todas as áreas envolvidas no projeto.

Neste trabalho, assumimos a releitura de experimentos históricos como um meio para a articulação de saberes das áreas de mecânica e de química, potencializando a aprendizagem de conceitos e habilidades trabalhados no Ensino Médio integrado ao Técnico.

3 | METODOLOGIA

No início do projeto conduzimos um estudo bibliográfico com foco na apropriação de aspectos históricos e filosóficos da química considerando o contexto motivador da pesquisa. Sob a luz da contemporânea historiografia da ciência (ALFONSO-GOLDFARB, FERRAZ, BELTRAN, 2004), consultamos fontes primárias que permitiram a aproximação à estrutura do pensamento da época que marcava as formas de expressão dos filósofos químicos europeus entre os séculos XIII e XIX, além da literatura secundária já produzida por historiadores. Estudamos fenômenos ligados aos agentes imponderáveis e, principalmente, o tipo de montagem experimental que era efetuada para a verificação das suas propriedades.

A parte iconográfica desta pesquisa considerou as ilustrações presentes em artigos e livros originais da época (VOLTA, 1800; MARCET, 1817) e também o documentário *The Mystery of Matter*, produzido pela rede de TV americana PBS, tendo a colaboração de historiadores da ciência reconhecidos na sua produção (THE MYSTERY..., 2014).

Com base nessa pesquisa inicial, realizamos o projeto e a construção de dois dispositivos experimentais. Esses dispositivos foram concebidos com a finalidade de uso didático voltado para o ensino de química de nível médio. Portanto, as montagens prezam pela simplicidade e clareza na exposição dos seus efeitos. Cada experimento foi montado como um kit móvel e autônomo, de modo que pudesse ser transportado com facilidade para salas de aula ou laboratórios didáticos. Os conhecimentos de mecânica foram empregados na confecção de chapas, suportes, pinos, bases e demais peças necessárias à montagem eficiente e segura dos kits (DINIZ, 2013).

Os equipamentos utilizados foram ferro de solda, tesoura guilhotina, serra de fita, furadeira de bancada, torno mecânico e lima, além do software Autodesk Inventor e AutoCAD para o projeto geral dos kits. Os materiais empregados nas montagens incluem placas de madeira, hastes cilíndricas de vidro, papel filtro, chapas de cobre, zinco e alumínio, blocos de PVC, piso de borracha pastilhado, lixa e soluções de ácido

sulfúrico e iodeto de potássio na concentração de 0,1 mol/L.

Como detalharemos nos tópicos seguintes, a montagem dos dois dispositivos foi inspirada pela identificação de controvérsias científicas envolvendo as explicações sobre a natureza do calor e da eletricidade no início do século XIX. Consideramos importante destacar esse detalhe, pois revelar momentos de controvérsia no desenvolvimento da ciência nos parece ser, justamente, uma das contribuições efetivas que a história da ciência pode trazer ao ensino no nível médio, contribuindo para o alcance dos objetivos atuais da educação (PORTO, 2010).

Na sequência, apresentamos uma síntese dos resultados obtidos com a pesquisa histórica e separamos a construção de cada dispositivo em tópicos isolados.

4 | RESULTADOS

Nos termos da filosofia química da virada entre os séculos XVIII e XIX, a interação dos corpos naturais era interpretada em função de forças atrativas de coesão e de composição. As forças de coesão se aplicariam apenas entre partículas iguais, justificando os estados de agregação nas fases sólida, líquida e aeriforme dos materiais. Já as forças de composição comandariam a interação entre partículas de naturezas distintas, orientando a formação das substâncias compostas (CHAPTAL, 1800; MARCET, 1817). Um problema amplamente reconhecido dessa teoria estava na interpretação dos processos de decomposição, que desempenhavam um papel fundamental como prática experimental capaz de ampliar o entendimento químico sobre os corpos naturais. O problema era que, sendo as partículas da matéria submetidas apenas a forças atrativas, tornava-se filosoficamente impossível a efetiva separação de todos os constituintes de uma substância (MACQUER, 1749).

A relevância atribuída aos processos de decomposição nesse modo de pensar dirigia a atenção dos filósofos químicos para um conjunto de agentes que, embora fossem desprovidos de massa, exerceriam uma função crucial ao introduzirem forças repulsivas na estrutura da matéria, promovendo o afastamento das partículas constituintes dos corpos. Esses agentes ficaram conhecidos como imponderáveis, e incluíam a luz, o calor, a eletricidade e, para alguns autores, o magnetismo (BALDINATO, 2015).

Fenômenos naturais como a queima, a ferrugem, faíscas, evaporação, dilatação e vários outros eram explicados em função da interação dos agentes imponderáveis com a matéria comum. No entanto, a pesquisa histórica revela disputas teóricas em relação à qual seria a natureza destes agentes. Seria o calor uma substância material ou uma forma de vibração? Haveria dois fluidos elétricos distintos, um positivo e outro negativo, ou apenas um componente elétrico que se move em função de gradientes de potencial?

Em relação ao calor, as primeiras publicações de Humphry Davy (1799) já tentavam, em vão, resolver a disputa. O filósofo nos conta que, à época, era

amplamente aceito que as partículas dos corpos materiais podiam se aproximar ou se afastar, podendo produzir arranjos muito compactos ou mais espaçados. Isso afetava a gravidade específica dos corpos e sabia-se que essa propriedade podia aumentar ou diminuir a partir da variação da temperatura. Assim, o aumento da temperatura parecia exercer, entre as partículas, um poder que se opõe à coesão, podendo ser chamado de repulsão.

Este fenômeno era explicado por filósofos químicos do período a partir de um fluido elástico peculiar, ao qual dava-se o nome de calórico, ou calor latente. Dentro desse quadro teórico, a existência e a mudança dos estados físicos se dão conforme a quantidade de fluido calórico que há em um corpo material. Este fluido se infiltra entre as partículas da matéria, impedindo o seu contato direto e promovendo maior ou menor espaço entre os corpúsculos. É, assim, a causa da repulsão.

Segundo Alves (2013), a teoria calorista atribuía certas propriedades ao calórico, como: ser um fluido sutil; ter a capacidade de rodear as partículas que compõem um corpo e; determinar a sua temperatura. Mesmo sem afetar as relações de massa, o aumento na quantidade de calórico num corpo implicava no aumento do volume do mesmo.

Baseando-se nesses efeitos conhecidos do calor, alguns filósofos químicos exploraram as falhas observadas nessa teoria. Ressaltaremos dois nomes que desenvolveram pesquisas contrapondo-se à teoria do calórico: Humphry Davy (1778-1829) e Benjamim Thompson (1753-1814), conhecido como Conde Rumford.

Rumford realizou investigações nos mais diversos campos de atuação, registrando várias invenções. Parte significativa das suas contribuições à filosofia natural nasceram da preocupação com os fenômenos ligados ao calor, fruto do seu trabalho na produção de armamentos. Foi no final do século XVIII que ele realizou um dos seus ensaios mais conhecidos, o experimento do canhão (ALVES, 2013).

O entendimento de Rumford sobre a natureza do calor foi bastante pautado pela tentativa de explicar o grande efeito térmico envolvido no processo de perfuração dos canhões (GOMES, 2012). Segundo Alves (2013), o experimento realizado no ano de 1797 investigava a natureza do calor a partir da observação do aumento de temperatura que decorre do atrito entre as partes metálicas de canhões. Rumford utilizou as seguintes palavras ao apresentar suas conclusões sobre o calor na sociedade científica inglesa:

Estava envolvido recentemente na superintendência da perfuração de canhões nas oficinas do arsenal militar de Munique, fiquei impressionado com o grau muito considerável de calor [temperatura] que uma arma de bronze adquire em um curto espaço de tempo em que está sendo perfurada, e ainda com a temperatura maior (muito mais elevada do que a da água em ebulição, como encontrada por experiência) das lascas metálicas separadas do canhão pela broca.

Quanto mais eu meditava sobre esses fenômenos, mais eles me pareciam ser curiosos e interessantes. Uma investigação completa deles parecia prometer dar uma compreensão mais avançada sobre a natureza oculta do calor, permitindo-nos

formar algumas conjecturas razoáveis a respeito da existência, ou inexistência, de um fluido ígneo – um assunto sobre o qual as opiniões dos filósofos de todas as épocas têm sido muito divididas. (RUMFORD apud GOMES 2012, p.1058-1059).

Rumford pesquisou se o calor produzido durante a perfuração derivaria ou não das lascas do metal, pois essa era a justificativa abordada por alguns filósofos caloristas. Esses adeptos da teoria substancialista do calor afirmavam que parte do “calor latente” do material era liberado durante a abrasão, juntamente com as lascas metálicas. O fenômeno ocorria de tal forma que a “capacidade para o calor”, ou o calor específico, das lascas metálicas tornava-se menor.

Entretanto, Rumford chega à seguinte conclusão sobre a origem da imensa quantidade de calor que surge na fricção de duas superfícies metálicas:

No debate sobre esse assunto, deve-se considerar que, em muitas circunstâncias notáveis, a fonte de calor gerado pelo atrito nessas experiências pareceu ser inesgotável.

É desnecessário acrescentar que qualquer coisa que um corpo isolado, ou sistema de corpos, pode continuar a fornecer sem limitação, não pode ser uma substância material, parece-me ser extremamente difícil, se não impossível, formar qualquer ideia distinta de qualquer coisa capaz de ser excitada e comunicada na forma em que o calor foi excitado e comunicado nessas experiências, a não ser o MOVIMENTO (RUMFORD apud GOMES, 2012, p.1061).

Seguindo uma visão corpuscular do calor, poderíamos interpretar que o calórico presente na estrutura dos corpos metálicos seria liberado para a sua vizinhança por meio do atrito entre as peças, provocando um aquecimento sensível do ambiente. Contudo, essa visão pressupõe a existência de um estoque finito de calórico que permeia a estrutura dos metais (ALVES, 2013). De acordo com Gomes (2012), com esse experimento, Rumford atacou a teoria basilar dos caloristas da época: o princípio da conservação do calórico. O conjunto de seus experimentos sugeria que a fricção de dois metais era uma fonte inesgotável de calor. Se o calórico fosse retirado de um objeto por fricção, como alegavam os químicos que defendiam a teoria, deveria haver um momento em que o estoque de calórico daria sinais de esgotamento. Tal fato não foi observado por Rumford. Assim, se um objeto isolado pode continuar a fornecer calor indefinidamente, então o calor não pode ser uma substância material. Desse modo, a origem do calor poderia ser atribuída ao movimento das partículas dos materiais que atritavam.

Após a experiência feita com os canhões, Rumford conclui que o trabalho pode ser convertido em calor e vice e versa. Além disso, a natureza do calor era a mesma do movimento. Assim, ele deixou sua hipótese argumentada da seguinte forma: uma esponja não pode liberar água indefinidamente, mesmo que a mantivéssemos apertada o tempo todo. De modo distinto, a taxa de produção de calor poderia ser mantida indefinidamente enquanto o trabalho de usinagem fosse realizado.

Em diferentes momentos de sua carreira, Humphry Davy também se mostrou adepto da teoria dinâmica do calor. Sob essa inclinação, ele realizou experimentos

envolvendo a fricção para mostrar empiricamente que o calor, ou poder de repulsão, não é matéria (SANTOS, 2012).

Numa coleção de ensaios organizada por Thomas Beddoes e publicada em 1799, Davy testa implicações da hipótese do calor como matéria e adota a estratégia de redução ao absurdo para descartar essa visão. Pela hipótese corpuscular, a temperatura de um corpo só pode aumentar em duas situações: ao se reduzir a sua capacidade térmica por algum meio; ou ao se colocar esse corpo em contato com um outro, mais quente no momento. Essas situações foram consideradas nos casos em que há o aumento da temperatura gerado a partir da fricção e da percussão.

Davy primeiro considerou que a razão para a diminuição da capacidade térmica dos corpos seria decorrente de alguma mudança induzida neles pelo atrito. Tal mudança seria responsável pelo aumento na temperatura. Depois considerou o gás oxigênio circundante, pois a sua decomposição poderia resultar no aquecimento dos corpos, e o atrito entre eles poderia produzir alguma mudança que os tornasse capazes de decompor oxigênio. Para isso, verificava-se o grau de oxidação dos corpos oxidados, parcial ou completamente.

Conforme Cindra (2005), um dos primeiros e mais conhecidos testes de Davy envolvia dois paralelepípedos de gelo com suas faces em contato e acoplados a um mecanismo, que possibilitava o atrito violento e contínuo das massas de gelo.

Davy (1799) diz que os paralelepípedos de gelo foram quase completamente transformados em água, e que esta água coletada estava a uma temperatura de 35°F, sendo que no início do experimento se encontrava a 29°F. A fusão do gelo ocorreu apenas nas faces em contato, que sofreram a fricção. Neste experimento é nítido que o gelo pode ser convertido em água por atrito e, de acordo com os pressupostos supracitados, dir-se-ia que a sua capacidade térmica diminuiu. Porém, já era conhecido que a capacidade térmica da água é muito maior que a do gelo, e que o gelo requer certa quantidade de calor para ser convertido em sua forma líquida. Conclui-se, portanto, que ao menos neste caso, o atrito não diminui a capacidade dos corpos para o calor. Além disso, Davy tomou como evidente que o aumento da temperatura decorrente do atrito não pode ser consequência da decomposição do gás oxigênio do entorno, pois o gelo não tem atração pelo oxigênio.

Por fim, o filósofo concluiu que a fricção pode induzir um movimento peculiar a partir do qual é produzido o calor, provavelmente proveniente de uma vibração de partículas dos corpos que tendem a um movimento de repulsão.

Embora os experimentos e interpretações de Davy e Rumford pareçam conclusivos, fato é que vários livros e artigos escritos por filósofos respeitados continuaram trabalhando com a perspectiva do calor como substância por, ao menos, quarenta anos após a divulgação desses trabalhos (SANTOS, 2012). Isso sugere o quanto é difícil estabelecer consensos em ciência e como os experimentos não fornecem evidências tão claras e conclusivas ao ponto de permitir a confirmação ou a refutação integral de teorias (CHALMERS, 1993).

Passando agora à eletricidade, encontramos entre os séculos XVIII e XIX uma situação de indefinição teórica bastante semelhante à que narramos sobre o calor. Em particular, Hackmann (1979) destaca como múltiplas teorias sobre a eletricidade foram desenvolvidas em estreita relação com o desenvolvimento de instrumentos e testes que, ao longo do século XVIII, trouxeram à tona uma variedade de fenômenos elétricos inusitados e imprevisíveis com as teorias da época.

Como o agente é invisível, todo filósofo se encontra em posição de liberdade para fazer dele o que quiser, atribuindo-lhe as características e capacidades que parecerem mais convenientes aos seus propósitos (PRIESTLEY, 1767, p. 446).

Entre os séculos XVII e XVIII é sensível a mudança da concepção de eletricidade de eflúvio (ou emanção) para a ideia de fluido. Na primeira dessas visões, entendia-se que o atrito de certos materiais provocava um tipo de emanção (elétrica), que aos poucos retornaria à superfície do material de origem e, neste caminho de volta, seria capaz de arrastar objetos leves como o papel. Esse fenômeno remetia à analogia com o comportamento da resina chamada âmbar (elektron em grego) e, desta forma, tratava exclusivamente de forças atrativas entre os corpos materiais, nunca repulsivas.

De acordo com a história da eletricidade publicada por Joseph Priestley em 1767, enquanto a atração e a repulsão eram os únicos efeitos atribuídos à eletricidade, a teoria de Charles Du Fay (1698-1739) que falava em dois fluidos elétricos, vítreo e resinoso, se mostrava suficiente. No entanto, concepções teóricas mais complexas foram desenvolvidas para lidar com outros fenômenos posteriormente associados à ação elétrica, como “fortes faíscas acompanhadas de considerável barulho, uma sensação dolorosa e forte odor fosfórico” (PRIESTLEY, 1767, p. 448).

De acordo com o relato de Priestley, já na década de 1760 a maior parte dos filósofos ingleses trabalhava com a teoria da eletricidade positiva e negativa. Esta, embora creditada a Benjamin Franklin (1706-1790), teria sido defendida com alguma antecedência por William Watson (1715-1787), ambos tendo publicado suas comunicações sobre o tema no ano de 1747 (PRISTLEY, 1767, p. 455).

Franklin admita a existência de um único fluido elétrico, que permearia os poros de toda a matéria comum. As partículas de eletricidade seriam mutuamente repulsivas, embora atraídas por toda a matéria comum. O atrito com uma resina ou flanela poderia provocar desequilíbrios na distribuição desse fluido elétrico, criando gradientes em corpos separados ou em regiões distintas de um mesmo corpo. Nesses casos, a região momentaneamente mais concentrada do fluido elétrico imediatamente sofreria os efeitos da repulsão entre as partículas elétricas, resultando no movimento desse fluido em direção ao corpo ou à parte do material onde ele estava rarefeito.

Por fim, se um dos corpos tem um excesso do fluido e o outro o tem em falta, o equilíbrio é reestabelecido com grande violência, e todas as manifestações elétricas entre eles são mais notáveis (PRIESTLEY, 1767, p. 457).

Um dos grandes trunfos dessa teoria era, justamente, a facilidade com que explicava o funcionamento das chamadas garrafas de Leyden. Esse dispositivo foi

concebido como um acumulador do fluido elétrico e permitia a produção de descargas intensas. A esse respeito, julgamos interessante notar a coerência entre a teoria de um agente fluido e a lógica de se tentar engarrafa-lo, que foi materializada neste dispositivo.

Em síntese, a história da eletricidade narrada por Joseph Priestley tenta ser imparcial e apresentar uma visão neutra dos vários entendimentos defendidos por filósofos sobre a eletricidade. Apesar disso, o autor compara abertamente as características da teoria de Du Fay sobre os dois fluidos (vítreo e resinoso) com a de Franklin e um único fluido (com gradientes positivos e negativos), observando maior simplicidade e poder explicativo nessa última (PRIESTLEY, 1767, p. 470).

Dada essa aparente resolução do conflito teórico já na década de 1760, julgamos curioso o episódio narrado por Williams (1960) que envolve um posicionamento do jovem Michael Faraday sobre a natureza elétrica da matéria.

Ainda nos anos em que trabalhou como aprendiz de encadernador numa livraria, Faraday teria estudado o artigo sobre eletricidade escrito por James Tytler para a Enciclopédia Britânica. Nesse artigo, Tytler criticava a teoria de fluido único de Franklin apontando inconsistências lógicas como o fato do vidro, por exemplo, ser admitido pela teoria como um material impermeável à passagem da eletricidade, mas que abrigaria esse fluido em sua estrutura (WILLIAMS, 1960, p. 519). Tentando uma concepção muito mais abrangente, o artigo de Tytler sugeria que a luz, o calor e a eletricidade poderiam ser entendidos como manifestações distintas de um único princípio, diferentes apenas nos seus modos de locomoção.

Faraday deixou registros da influência desse artigo sobre a formação dos seus conceitos iniciais sobre a eletricidade e, questionando os mesmos problemas apontados por Tytler sobre a teoria do fluido único, recorreu às ideias do irlandês Henry Eeles para resgatar uma visão dualista da eletricidade. Para Eeles, a teoria de Franklin era incapaz de explicar a repulsão entre dois corpos negativos, pois estando ambos deficientes no fluido elétrico, não haveria razão material para a produção desse efeito (HEILBRON. 1979, p. 446). A repulsão “menos-menos” requeria, portanto, a ação de um agente material acumulado, e não um vazio. A alternativa comentada por Faraday para esse impasse seria admitir a eletricidade não como um corpo simples, mas como um composto formado de duas partes, uma positiva e outra negativa, que poderiam ser separadas por atrito ou excitação (WILLIAMS, 1960, p. 520).

Williams nota como o posicionamento de Faraday por volta de 1810 revela sua ignorância sobre os novos desdobramentos das pesquisas elétricas que decorreram da pilha de Alessandro Volta, apresentada à Royal Society no ano de 1800 (VOLTA, 1800). Curiosamente, textos de divulgação da química passavam a apresentar uma nova versão da teoria com dois fluidos elétricos nas décadas iniciais de 1800, justamente para dar conta de interpretar os fenômenos revelados por esse novo instrumento.

Com efeito, a possibilidade de sustentar o fenômeno elétrico de modo contínuo era algo inteiramente novo. Conforme mostra Santos (2017) ao analisar o conteúdo

dos artigos envolvendo eletricidade em pesquisas químicas publicadas em duas revistas inglesas, o advento da pilha voltaica modificou drasticamente o viés das pesquisas químicas envolvendo a eletricidade. Se antes de 1800 o foco recaía sobre a “eletricidade atmosférica e aparelhos de medição, produção e armazenamento de eletricidade”, após a comunicação de Volta verificou-se uma explosão de trabalhos investigando a os efeitos químicos da eletricidade sobre a matéria (SANTOS, 2017, p. 13; HACKMANN, 1979).

Em suma, embora o relato de Priestley (1767) trate da teoria de fluido único como vitoriosa já na segunda metade do século XVIII, é possível encontrar registros originais que testemunham a permanência de defensores dos dois fluidos muitas décadas à frente.

O caso da eletricidade ajuda a ressaltar a importância da instrumentação para as revoluções científicas (KUHN, 1962). No entanto, a história dos dois conceitos abordados nesta pesquisa nos serve para explicitar o quanto é complexa a formação de consensos teóricos nas ciências naturais, ressaltando o caráter dinâmico, coletivo e permanentemente inacabado da ciência.

Nos próximos tópicos detalharemos a construção dos dispositivos experimentais construídos a partir dessa contextualização histórica.

5 | CONSTRUÇÃO DOS DISPOSITIVOS EXPERIMENTAIS

5.1 Primeiro dispositivo, sobre o calor

A montagem do dispositivo teve como objetivo representar as primeiras hipóteses de Rumford sobre a natureza do calórico. Este filósofo natural é conhecido em livros didáticos por ser um dos primeiros a colocar em foco uma nova teoria sobre a natureza do calor: um movimento de partículas. Em seus experimentos, Rumford aborda a questão da grande produção de calor a partir da fricção de dois metais e explora uma característica falha da teoria do calórico: o seu princípio de conservação. Com base nisso, elaboramos uma montagem que permitisse verificar a produção de calor a partir da fricção de uma lixa sobre um tubo de metal, com o princípio de ilustrar as explicações dadas por Rumford no período. O dispositivo montado também permite observar outro fenômeno termodinâmico, a condução de calor.

Todo o trabalho foi feito com o intuito de valorizar as técnicas e saberes da mecânica aprendidos no curso técnico e, para tal, contamos com a supervisão de professores dessa área técnica para operar os equipamentos necessários.

A montagem consiste em duas partes principais: uma polia (P) acoplada a um motor (M) que estará em movimento constante de rotação e uma base móvel (B) com o suporte do tubo metálico (T) que é utilizado no experimento. Uma tira de lixa (L) em forma de correia conecta a rotação da polia com o movimento de atrito do tubo em

um movimento cíclico (Figura 1). O contato entre os grânulos da lixa e a superfície de metal produz calor por atrito.

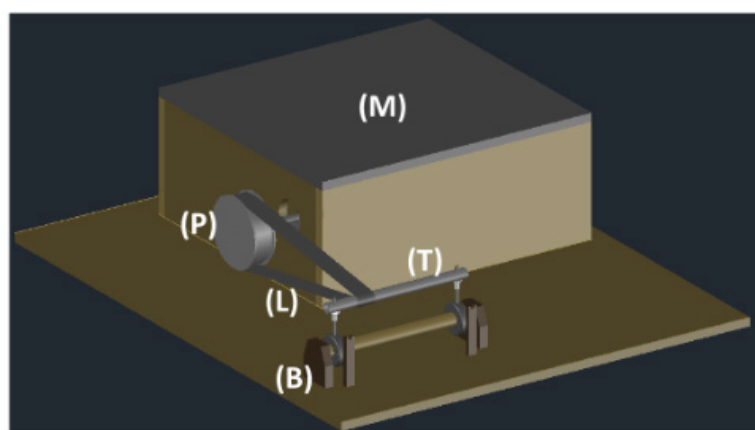


Figura 1 – Ilustração da concepção inicial do dispositivo feita em AutoCAD 3D.

(Fonte: autores)

Cortamos uma tira de lixa e suas extremidades foram unidas, para que seu formato tivesse o mesmo princípio de uma correia. Utilizando o torno mecânico e partindo de um bloco de PVC em forma de paralelepípedo, usinamos uma polia com guia. Em seguida fizemos o canal na peça para que não houvesse escorregamento da lixa durante a rotação da “polia”. Esta, tendo um diâmetro muito maior que o do tubo, possibilita uma área de contato maior entre o metal e a lixa.

Fixamos o tubo de metal mediante acoplamento de dois eixos que o atravessam em suas extremidades. Duas travas de plástico foram coladas abaixo do encontro entre o furo do tubo e o eixo para que o tubo não deslize para fora da posição determinada para o experimento. Com o objetivo desses dois eixos de fixação terem um grau de liberdade que permitisse movimentar os eixos 45° , aproximando e afastando o tubo da base, fixamos os eixos em um rolamento de 35 mm de diâmetro. A fixação do rolamento foi feita por meio de uma peça de madeira com forma cilíndrica que atravessa e liga os dois rolamentos. Acoplamos esse conjunto móvel a dois suportes posicionados na vertical, presos à base de madeira, conforme ilustrado na Figura 2. Assim, os rolamentos ficam elevados e sem interferência do atrito com a base.

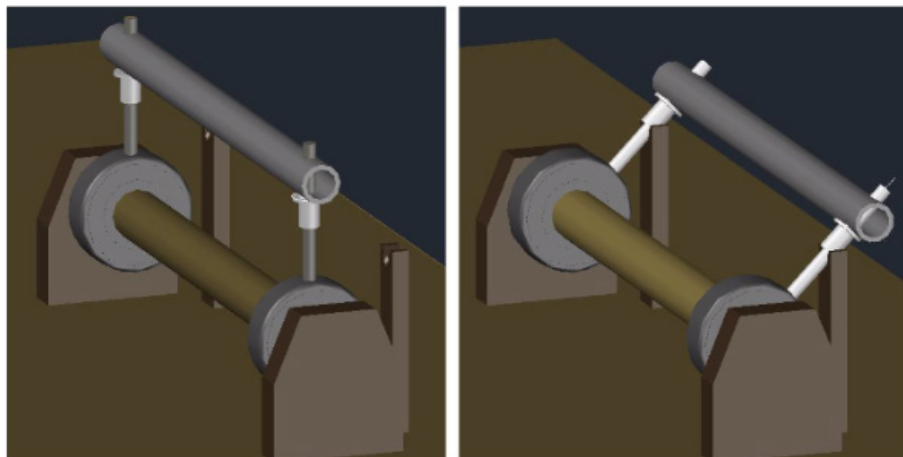


Figura 2 – Ilustração 3D do grau de liberdade possibilitado pelos rolamentos.

(Fonte: autores)

Para comparar os efeitos térmicos, o dispositivo permite a retirada da lixa para que o tubo de metal seja aquecido diretamente pela chama de uma vela. Temos então dois modos diferentes de produção de calor que levam ao mesmo efeito mensurável, isto é, que fazem aquecer a barra metálica e ocasionam um aumento na temperatura registrada pelo multímetro cujo sensor de temperatura foi posicionado em contato com o metal, a cerca de 10 cm do ponto de origem do calor (Figura 3). Desta forma, além da produção, o dispositivo também permite chamar a atenção para a condução de calor como uma propriedade intrínseca do metal.

Com o rotor trabalhando a 1200 rpm (usamos uma furadeira comercial), foi possível registrar um aumento de temperatura da ordem de 27 °C em 600 segundos. Já com a retirada da lixa e posicionando uma vela no mesmo ponto de contato com o tubo metálico, a elevação de temperatura registrada em 60 segundos foi de 31°C, ou seja, nas condições de tração do sistema montado, a combustão da vela ocasionou um efeito cerca de dez vezes mais intenso que o obtido por atrito.

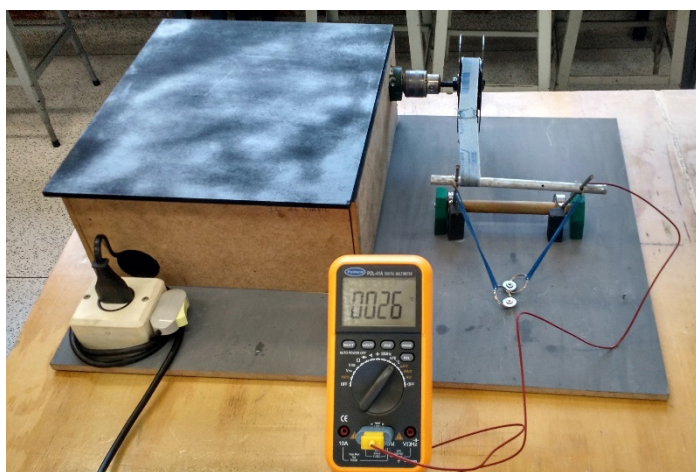


Figura 3 – Montagem final.

(Fonte: autores)

Tal qual vimos na parte bibliográfica desta pesquisa, o experimento em si não é suficiente para resolver um embate teórico sobre o caráter de substância ou movimento do calor, mas permite abrir essa discussão, favorecendo o estudo de problemas filosóficos que marcaram o próprio desenvolvimento da ciência.

Vislumbramos que, ao ser apresentado para futuros alunos do curso de mecânica, o dispositivo favoreça problematizações tanto no campo da mecânica (se o aumento da tração na barra metálica não poderia levar a um efeito térmico mais significativo no aquecimento por atrito, por exemplo) quanto na química (questionando propriedades condutoras dos materiais empregados, por exemplo).

5.2 Segundo dispositivo, sobre a eletricidade

Nosso segundo dispositivo baseia-se numa releitura da pilha criada por Alessandro Volta em 1799 e apresentada à comunidade científica no ano seguinte. A pilha consiste em um conjunto de células eletroquímicas ligadas em série, sendo cada célula composta por duas placas metálicas (usamos zinco e cobre) separadas por um eletrólito. O eletrólito é um material capaz de promover o transporte de cargas na forma de íons entre as placas metálicas. Para isso, utilizamos papel-filtro embebido em ácido sulfúrico (0,1 mol/L) nos primeiros testes, mas obtivemos melhores resultados substituindo o ácido por uma solução de iodeto de potássio de mesma concentração.

A pilha voltaica que montamos neste projeto contém dez células. Cada uma delas precisa ser conectada à próxima por algum meio que tenha resistência elétrica desprezível. Finalmente, o conjunto das células é suportado por quatro hastes de vidro, de modo a impedir quedas do sistema.

Na nossa reprodução do experimento tivemos que cortar as placas metálicas. Para isso adquirimos a matéria prima em uma loja de metalomecânica. O material, porém, não é comprado nas dimensões finais, assim como é feito na indústria. Logo, é preciso cortar a chapa metálica com os equipamentos apropriados. Usamos uma guilhotina de chapas metálicas para cortar os metais, produzindo lâminas de cobre e zinco com 80 x 80 x 2 mm.

A montagem básica da pilha segue o ilustrado através do software de engenharia Autodesk Inventor Figura 4, intercalando uma chapa de cobre, uma folha de papel filtro umedecido e uma chapa de zinco. Ao se fechar um circuito desses interligando as chapas metálicas com as pontas de prova de um voltímetro, registramos uma diferença de potencial da ordem de 0,9V. Para ampliar essa tensão, nove réplicas desse conjunto foram interligadas em série, registrando a tensão máxima de 8,75V.

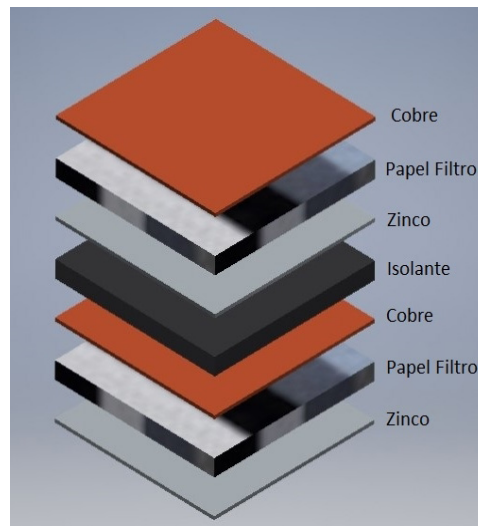


Figura 4 – Representação de duas células separadas por isolante.

(Fonte: autores)

Na construção, encontramos um principal problema: diferente do que esperávamos, a tensão total não era igual à soma das tensões de cada célula individual. Várias hipóteses foram propostas. A primeira remetia à reduzida área de contato entre as placas metálicas, sendo justificada pela segunda lei de Ohm onde a área de contato é inversamente proporcional à resistência elétrica. Outra hipótese considerava a baixa concentração do eletrólito empregado na ponte salina, sendo o fator limitante da reação eletroquímica.

Através de diversos testes e medições, notamos que a tensão total era próxima da soma teórica quando as células eram isoladas entre si e ligadas indiretamente por um cabo-jacaré. O problema do isolamento foi resolvido com a introdução de placas recortadas de piso emborrachado entre as células, como ilustrado na Figura 4. Confeccionamos os cabos-jacaré a partir de um fio comum e de extremidades de conector elétrico tipo jacaré.

Com a nova montagem, registramos uma tensão mais próxima do ideal teórico obtido pela multiplicação de tensão de uma célula por dez, 9V e 6V, para ácido sulfúrico e iodeto de potássio, respectivamente. A Figura 5 demonstra a pilha em funcionamento.

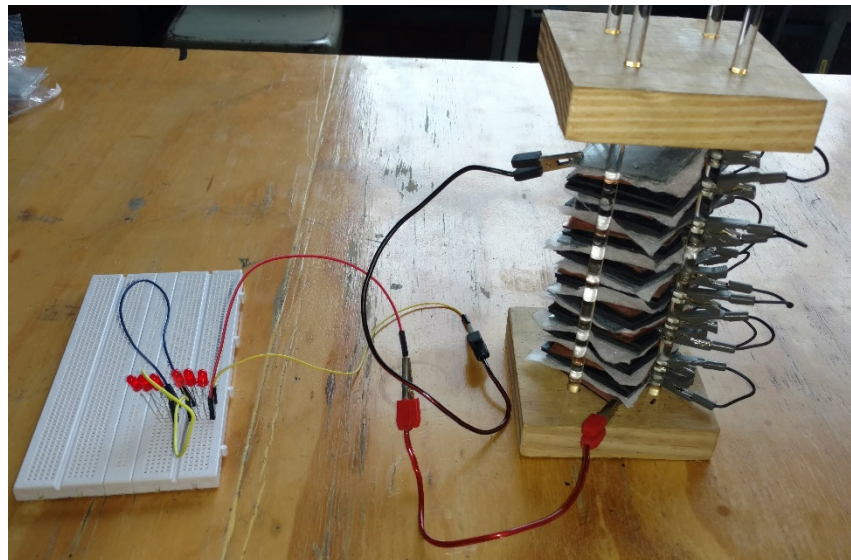


Figura 5 – Pilha sendo usada para acender seis LEDs em paralelo.

(Fonte: autores)

Em nossos testes, ligamos a pilha diretamente a um circuito composto por seis LEDs dispostos em série. Como mostra a Figura 5, os LEDs se acenderam, mas a tensão registrada pela pilha caiu muito rapidamente para cerca de 1 V e a corrente registrada pelo multímetro provou-se muito baixa, da ordem de apenas $550\mu\text{A}$ com o ácido sulfúrico e $600\mu\text{A}$ com o iodeto de potássio.

O apelo aos conhecimentos de mecânica foi menos pronunciado na montagem desse segundo dispositivo. No entanto, verificamos a emergência de uma sólida interface com as áreas de elétrica e eletrônica, também oferecidas como cursos técnicos no Instituto Federal em que conduzimos essa pesquisa. Ao entrarem em contato com esse dispositivo, futuras turmas desses cursos poderão discutir meios de torna-lo mais eficaz. Estaria a queda de tensão da pilha relacionada à baixa resistividade do circuito de testes montado? Seria a corrente elétrica mais intensa se alterássemos a concentração dos íons presentes na solução do eletrólito?

A montagem, como um todo é um instrumento de grande valor didático. Os mesmos conceitos de eletroquímica e da história da ciência que pudemos desenvolver no trabalho podem ser ensinados por professores com ajuda do dispositivo.

Acreditamos que o simples fato dos dispositivos aqui descritos terem sido concebidos e construídos por estudantes do Ensino Médio já compõe um atrativo para que sejam estudados e aperfeiçoados pelas próximas turmas. Com a divulgação desses resultados, esperamos também motivar que outros professores se engajem em iniciativas em prol da integração dos saberes trabalhados nas várias disciplinas que compõem os cursos técnicos de nível médio.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso objetivo neste trabalho era aproximar os conhecimentos desenvolvidos nas disciplinas de química e mecânica do ensino médio integrado ao técnico oferecido pelo IFSP. Para isso, partimos de uma pesquisa historiográfica que revelou disputas na interpretação do calor e da eletricidade em meio às teorias vigentes entre os séculos XVIII e XIX. Em seguida, propusemos a aplicação de técnicas da área da mecânica na montagem de dispositivos experimentais para uso didático, voltados ao ensino de química.

O estudo da história da ciência favoreceu diversas aprendizagens aos estudantes/pesquisadores envolvidos neste projeto. No campo das ciências naturais, essa pesquisa revelou uma dimensão contextual, incerta e humana do desenvolvimento científico que, até então, passara despercebida por eles nas abordagens da química em sala de aula. Na área da mecânica, equipamentos, técnicas e habilidades ganharam relevância e tiveram o seu aprofundamento motivado pelo interesse dos alunos na concretização de um projeto pessoal.

A materialização desses resultados na forma dos dispositivos descritos neste artigo deixa um legado que pode favorecer essas aprendizagens a outros alunos da Instituição de Ensino na qual foi realizada a pesquisa. Deste modo, entendemos que este relato registra uma experiência positiva, reforçando nossa hipótese de que a história da ciência pode nortear estratégias para integrar diferentes disciplinas no âmbito do Ensino Médio e Técnico.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Ed.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física, EDUC, Fapesp, 2004. p. 49–74.
- ALVES, E. A. **Benjamin Thompson (Conde Rumford) e o Experimento da Radiação do Frio**. 2013. 59 P. Dissertação (Mestrado em História da Química) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.
- BALDINATO, J. O. **Conhecendo a Química: um estudo sobre obras de divulgação do início do século XIX**. 170 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993. p. 23-35.
- CHAPTAL, J. A. **Elements of Chemistry**. Trad. William Nicholson. 3. ed. v. 1. Londres: G. G. e J. Robinson, 1800.
- CINDRA, L. J.; TEIXEIRA, B. P. O. A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. 2005. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 379-399, 2005.

DAVY, H. An Essay on Heat, Light and Combinations of Light. In: BEDDOES, T. (Org.) **Contributions to Physical and Medical Knowledge, principally from the west of England**. Bristol: Biggs & Cottle, 1799. p. 5-147.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C. e COPPINI, N. L. **Tecnologia de Usinagem do Materiais**. 8ª. Ed., 272p, 2013.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1030-1079, 2012.

HACKMANN, W. D. The relationship between concept and instrument design in eighteenth-century experimental Science. **Annals of Science**, v. 36 n. 3, p. 205-224, 1979

HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th and 18th centuries**: A study of early modern physics. Berkeley: University of California Press, 1979.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. Chicago: The University Of Chicago Press, 1962. Traduzido Por Editora Perspectiva, 1998. 253 p.

MACHADO, L. R. S. Ensino médio e técnico com currículos integrados: propostas de ação didática para uma relação não fantasiosa. In: MOLL, J. et al. (Org.). **Educação profissional e tecnológica no Brasil contemporâneo**: Desafios, tensões e possibilidades. 1ª ed. Porto Alegre: ARTMED, 2010. p. 80-95.

MACQUER, P. J. **Elemens de Chymie Theorique**. Paris: Jean-Thomas Herissant, 1749.

MARCET, J. H. **Conversations on Chemistry**. 5. ed. Londres: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown, 1817.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703–737, 2015.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. p. 159 - 178.

PRIESTLEY, J. **The history and present state of electricity with original experiments**. Londres: J. Dodsley, J. Johnson, B. Davenport and T. Cadell, 1767.

SANTOS, E. F. Jr. **A influência da pilha voltaica na química inglesa entre os séculos XVIII e XIX**. Monografia (Iniciação científica) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, 2017.

SANTOS, M. M. **A história da termodinâmica e suas leis**. 56p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Física) Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

SILVA, T. T. **Darwin na sala de aula**: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

SOUZA, R. S. **O experimento de Joule e o ensino de termodinâmica baseado na história da ciência**: uma proposta didática. 2012. 58p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

THE MISTERY of matter: search for the elements. Direção: LYONS, S. Produção: LYONS, S. Estados Unidos: Moreno/Lyons Productions LCC; Oregon Public Broadcasting, 2014. DVD (55 min). Linguagem original: Inglês.

VOLTA, A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 90, p. 403–431, 1800.

WILLIAMS, L. P. Michael Faraday's Education in Science. **Isis**, v.51, n.4, p.515-530, 1960

SOBRE O ORGANIZADOR

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-429-0

