

Franciele Bonatto
Jair de Oliveira
João Dallamuta
(Organizadores)

Ciência, Tecnologia e Inovação

Atena
Editora
Ano 2019

Franciele Bonatto
Jair de Oliveira
João Dallamuta
(Organizadores)

Ciência, Tecnologia e Inovação

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

C569 Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Jair de Oliveira, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-125-1

DOI 10.22533/at.ed.251191802

1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Bonatto, Franciele. II. Oliveira, Jair de. III. Dallamuta, João.

CDD 506

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Há quase quarenta anos, Alvin Toffler em seu Best Seller, *The Third Wave*, profetizou; “Pode-se criar mais valor com uma ideia em dez segundos do que com dez mil horas em uma linha de produção”. Esta talvez seja a melhor definição de inovação, não exatamente do conceito, mas do que ela efetivamente gera como efeito nas organizações e na sociedade.

Ciência, tecnologia e ambiente, considerando neste último fatores econômicos, sociais e legais, são base para a inovação. No que no que concerne a nossos pesquisadores, eles tem feito a parte deles, produzido ciência e tecnologia a despeito das dificuldades econômicas e culturais no Brasil. Há muito que melhorar sim, mas também a muito há se reconhecer.

Esse livro apresenta dois pilares de inovação, ciência e tecnologia, em uma reunião de vinte e quatro artigos, que são o resultado de pesquisas realizadas nos mais diversos setores com uma riqueza de metodologias e resultados.

Nesta obra, temos a oportunidade de leitura é fruto de trabalhos científicos de diversos pesquisadores. Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!
Franciele Bonatto
Jair de Oliveira
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A FORMAÇÃO DOCENTE E AS NOVAS MÍDIAS TECNOLÓGICAS	
Walkiria de Fatima Tavares de Almeida	
Daniel González González	
DOI 10.22533/at.ed.2511918021	
CAPÍTULO 2	8
LABPATI – LABORATÓRIO DE PROJETOS DE AUTOMAÇÃO E TECNOLOGIAS INOVADORAS	
Jefferson Uchôa Ponte	
Erivando de Sena Ramos	
Alan Cleber Morais Gomes	
Francisco Giovanildo Teixeira de Souza	
Ligia Maria Carvalho Sousa Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.2511918022	
CAPÍTULO 3	13
UMA CURADORIA DIGITAL PARA OS DADOS CIENTÍFICOS DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO: A CRIAÇÃO DO PROJETO PILOTO	
Nilson Theobald Barbosa	
Linair Maria Campos	
Fabrícia Carla Ferreira Sobral	
Roberto José Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.2511918023	
CAPÍTULO 4	22
A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS PÚBLICOS	
Francisco da Silva Passos	
José William Menezes Ribeiro	
Marlon Amaro Coelho Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.2511918024	
CAPÍTULO 5	28
CASE DE GESTÃO ADMINISTRATIVA E MODULARIZADA COM USO DO GLPI	
Ricardo Lazzari da Rosa	
Jorge Alberto Messa Menezes Júnior	
Luciano Pereira de Vargas	
Francis Diego Duarte Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.2511918025	
CAPÍTULO 6	35
EXPERIÊNCIA DE USO DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO COMO FERRAMENTA DE APOIO AO LEVANTAMENTO E ELICITAÇÃO DE REQUISITOS DE SOFTWARE	
Fernanda Vieira Figueira	
Levi Cacau	
Alex Alves da Silva	
Kemis A. V. da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2511918026	

CAPÍTULO 7 41

CONJUNTO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PROPOSTA PELO PROGRAMA SAVE: *GREEN PARK (Parque de diversão que gera energia limpa)*

Jiam Pires Frigo
Nandra Martins Soares
Andreia Cristina Furtado
Oswaldo Hideo Ando Junior

DOI 10.22533/at.ed.2511918027

CAPÍTULO 8 50

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA SERVIDORES DO PCCTAE

Daniel Ferreira de Oliveira
Taiana Barbosa Pereira
Marcio Alexandre Silva Ferreira
Marcelo Duarte da Silva
Tarcila Gesteira da Silva
Julliany Sales Brandão
Enoch Cezar Pimentel Lins da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2511918028

CAPÍTULO 9 57

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Pisum sativum* L. SOB INFLUÊNCIA DE ARMAZENAMENTO

Alexandre Alves da Silva
Adriano Henrique Silva
Thaís Franco Pires de Lemos
Beatriz Moreira Zanatta
Caroline Luiza Benedito
João Pedro Bufalari da Cunha
Paulo Frezato Neto
Vinícius Bechelli Valadão de Araujo
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Maria Aparecida da Fonseca Sorace
Conceição Aparecida Cossa

DOI 10.22533/at.ed.2511918029

CAPÍTULO 10 62

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Lactuca sativa* L. APÓS PRAZO DE VALIDADE

Thaís Franco Pires de Lemos
Alexandre Alves da Silva
Adriano Henrique Silva
Beatriz Moreira Zanatta
Caroline Luiza Benedito
João Pedro Bufalari da Cunha
Paulo Frezato Neto
Vinícius Bechelli Valadão de Araujo
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Maria Aparecida da Fonseca Sorace
Conceição Aparecida Cossa

DOI 10.22533/at.ed.25119180210

CAPÍTULO 11 68

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA NO GRÃO-DE-BICO

Daniela Oliveira Silva
Mauren Sorace
Naielen de Lara Lopes
Débora Del Moura Soares
Bruna Lana Campanenute Soares
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Ana Beatryz Prenzier Suzuki

DOI 10.22533/at.ed.25119180211

CAPÍTULO 12 80

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATO AQUOSO DE TUBÉRCULOS DE *Cyperus rotundus* L.
SOBRE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Digitaria insularis* L.

Olivia Pak Campos
Conceição Aparecida Cossa
Maria Aparecida da Fonseca Sorace
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Leonardo Sgargeta Ustulin
Paulo Frezato Neto

DOI 10.22533/at.ed.25119180212

CAPÍTULO 13 86

CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE SUBPRODUTO DE LARANJA (*CITRUS SINENSIS*) QUANTO
A COMPOSIÇÃO DE FIBRAS, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Isabela Julio Iwassa
Cecília Pinzon
Eliane Dalva Godoy Danesi
Beatriz Cervejeira Bolanho Barros

DOI 10.22533/at.ed.25119180213

CAPÍTULO 14 95

AVALIAÇÃO SENSORIAL E INTEÇÃO DE COMPRA DE PÃES COM ADIÇÃO DE FARINHA DE
GERGELIM *Sesamum indicum* L.

Roberta de Oliveira Sousa Wanderley
Paulo Alves Wanderley
Wellita Azevedo Silva
Anna Catarina Costa Paiva
Janine Patrícia Melo Oliveira
Altevir Paula de Medeiros
Osvaldo Soares da Silva
Élida Ramalho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.25119180214

CAPÍTULO 15 100

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E
MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE PANIFICADORAS SITUADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA
GRANDE-PB

Deyzi Santos Gouveia
Fernanda Ellen Martins Oliveira Araújo
Yasmim Maria Azevedo Santos
Rebeca de Lima Dantas
Mércia Melo de Almeida Mota
Nubênia de Lima Tresena

DOI 10.22533/at.ed.25119180215

CAPÍTULO 16	115
ÓXIDO DE ZINCO (ZNO) E A DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DA CAFEÍNA	
Lariana Negrão Beraldo de Almeida Giane Gonçalves Lenzi Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli Onelia Aparecida Andreo dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.25119180216	
CAPÍTULO 17	130
INFRAESTRUTURA DE SÍTIOS INSTITUCIONAIS UTILIZANDO CONTÊINERES DOCKER	
Carlos Vinícius Braga dos Santos Felipe Evangelista dos Santos Luiz Carlos Barbosa Martins	
DOI 10.22533/at.ed.25119180217	
CAPÍTULO 18	136
DESENVOLVIMENTO DE SEMI-EIXO DE FIBRA DE CARBONO/EPÓXI PARA O PROTÓTIPO BAJA – SACI VII: PROJETO ESTRUTURAL E VALIDAÇÃO	
Rafael Pereira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.25119180218	
CAPÍTULO 19	153
ESTUDO NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM DISSIPADORES	
Ulysses Lucius Salles Pereira Ana Lúcia Fernandes de Lima e Silva Amanda Aparecida Silva Angel Edecio Malaguera Mora	
DOI 10.22533/at.ed.25119180219	
CAPÍTULO 20	174
FATORES TERMODINÂMICOS ASSOCIADOS À CONVECÇÃO PROFUNDA SOBRE A REGIÃO DO CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	
Gabriel Miller de Oliveira Marcos Daisuke Oyama	
DOI 10.22533/at.ed.25119180220	
CAPÍTULO 21	184
EVALUATION OF HETEROGENEOUS CATALYSTS DERIVED FROM WHITE AND BROWN CHICKEN EGG SHELL FOR SOYBEAN BIODIESEL SYNTHESIS	
Diego Oliveira Cordeiro Marta Maria da Conceição Luis Ferreira de Lima Janduir Egito da Silva Eduardo Lins Barros Neto	
DOI 10.22533/at.ed.25119180221	

CAPÍTULO 22	200
SÍNTESE E ESTUDO DE HIDROXIAPATITA E BETA FOSFATO TRICÁLCICO PARA USO BIOMÉDICO	
Thatiane Cristine Silva Pereira Batista	
Gerson Avelino Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.25119180222	
CAPÍTULO 23	213
DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTORES COM O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA SUÍNA. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CUNHA, SÃO PAULO	
Larissa Ferraz Felipe Santos	
Christian Jeremi Rodriguez Coronado	
DOI 10.22533/at.ed.25119180223	
CAPÍTULO 24	228
PRODUÇÃO ECOLÓGICA DE SABÕES	
João Gabriel da Silva Andrade	
Valéria Aquilino Barbosa	
Tânia Mara Rizzato	
Vagner Roberto Batistela	
DOI 10.22533/at.ed.25119180224	
CAPÍTULO 25	244
PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE QUEIMA E, INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO, EM UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ	
Magda Tayane Abraão de Brito	
Rayssa Bezerra Silva	
Antônio Pereira Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.25119180225	
SOBRE OS ORGANIZADORES	265

A FORMAÇÃO DOCENTE E AS NOVAS MÍDIAS TECNOLÓGICAS

Walkiria de Fatima Tavares de Almeida

Doutoranda em Ciências da Educação pela Universidade Autônoma de Assunção (UAA) professora da Rede Pública de Ensino de Lajedo/PE, Coordenadora Pedagógica da Escola Jean Piaget e Professora Formadora da UVA FEPAM. E-mail: walkiriafatima@hotmail.com

Daniel González González

<http://www.ugr.es/local/danielg>

RESUMO: As novas mídias tecnológicas que vem sendo inseridas na escola, implicam em uma nova concepção da ação e da estrutura da instituição e dos programas que promovem a formação inicial e continuada do professor. Educar, na era tecnológica, envolve uma formação consistente que prepare o professor para saber mediar os conhecimentos e os benefícios que a internet pode oferecer de modo ético e consciente. Sendo assim, considerando a relevância desse campo de pesquisa, esse artigo trata de uma pesquisa bibliográfica sobre a problemática que envolve o uso das novas mídias tecnológicas e a formação inicial e continuada do professor frente ao contexto tecnológico. Deste modo, esse estudo tem como objetivo discutir os desafios do professor em trabalhar com as tecnologias presentes na sala de aula, sem deixar de lado a formação crítica e participativa do estudante. Diante disso,

sinaliza-se que as novas mídias tecnológicas presentes na sala de aula fornecem uma gama de recursos que melhoram a qualidade do ensino, contudo, precisam estar atrelados sobre o olhar crítico do professor por meio de uma boa formação acadêmica pautada na ótica da inclusão digital.

PALAVRAS-CHAVE: Escola. Formação de professores. Mídias Tecnológicas.

INTRODUÇÃO

A sociedade tem passado por mudanças profundas em escala mundial neste século XXI, dentre as quais o avanço das mídias tecnológicas. Esse é um fenômeno que vem sendo inserido cada vez mais dentro do espaço escolar, emergindo da escola a preparação de seus agentes para lidar com esse novo paradigma. Para isso, ela precisa incluir no currículo as habilidades e competências para que tanto o professor quanto o estudante possam sentir-se partícipes desse processo.

Acredita-se ser da escola a responsabilidade de provocar a curiosidade, apresentar referências, promover a investigação das novas tecnologias, de verificar o potencial de cada um na perspectiva de colocar o estudante como protagonista de seu próprio aprendizado.

Na sociedade do conhecimento (MORIN,2011) como a que está se vivenciando, o domínio do uso das mídias tecnológicas é fator fundamental para que se possam formar pessoas críticas, responsáveis e atuantes numa realidade repleta de desigualdades sociais. São por meio delas que as pessoas se comunicam, trocam mensagens, postam figuras e links, enfim, buscam informações que são imprescindíveis para a sua vida.

De acordo com Santos (2001), a tecnologia da informação é uma inteligência social coletiva com a qual interagimos, e sendo assim, o seu uso tem efeito não apenas sobre algumas tarefas, mas sobre o modo de pensar, de conhecer, de aprender num mundo cada vez mais globalizado. Nesse novo paradigma social, suscita da educação uma abordagem diferente na qual o componente tecnológico não pode ser ignorado, mas trabalhado em todo o seu contexto.

O avanço da tecnologia tem permitido aos estudantes usufruírem dessas ferramentas dentro de casa e fora dela, principalmente no âmbito escolar, exigindo da escola uma nova organização de trabalho, sendo importante a especialização dos saberes e a colaboração transdisciplinar e interdisciplinar de forma que o conhecimento tecnológico seja apropriado pelo professor e sistematizado de forma dinâmica e constante. Quando isso não acontece, o professor se sente impotente frente a esses saberes, chegando muitas vezes a desistir da função, ou quando não, deixa de explorar essas mídias tecnológicas e o seu poder de facilitar a aprendizagem retirando do estudante o direito da apropriação de saberes atuais que lhe permitirão um aprendizado mais eficaz.

Para Gadotti (2005):

As novas tecnologias criaram novos espaços do conhecimento. Agora além da escola, também a empresa, o espaço domiciliar e o espaço social tornaram-se educativos. Cada dia mais pessoas estudam em casa, pois podem de lá acessar o ciberespaço da formação e da aprendizagem à distância, buscar fora a informação disponível... (p.16)

No cotidiano escolar, é comum o professor sentir-se desconfortável quando nas suas aulas se depara com estudantes manuseando seus aparelhos eletrônicos (celular, smartphone, tablet), entre outros. No entanto, esses recursos são ricos em conhecimento/aprendizagem para todas as idades e etapas de ensino, porque informam, permitem a colaboração, a coletividade e a integração. É por meio da tecnologia presente na sociedade e na escola que as pessoas buscam informações de forma rápida. Por isso, frente ao novo modelo que vem se formando na escola, o da inserção das mídias tecnológicas, o papel do professor é relevante, isso porque sem o conhecimento tecnológico esse profissional não poderá mediar o conhecimento que os estudantes têm buscado na internet e não poderá contribuir para fazer do estudante um cidadão criativo, reflexivo e analítico. Além do que, segundo Brandão (2002):

Hoje, através da Internet é possível sair do individualismo e propor um ensino cooperativo, onde a navegação através de links mantenha viva o espírito da pesquisa científica, com base em questões problematizadoras, onde professores e alunos possam interpretar e fazer releituras do conhecimento estabelecido e

Salienta Oliveira que:

A participação da escola nesse novo cenário é fundamental para o êxito na formação dos alunos capazes de atuar de forma crítica e autônoma na sociedade. O professor deve interagir com os alunos, saber utilizar as TIC e delas tirar vantagens, principalmente para assegurar a seus alunos o conhecimento que os levará a serem cidadãos com competências e habilidades para participarem dos processos da sociedade digital (2007, p. 16).

Dessa forma, o papel do professor diante das mídias tecnológicas deve ser o de mediador desse conhecimento e do processo de formação de um cidadão apto para atuar e viver nessa sociedade permeada de tecnologias. Contudo, exigir do docente o conhecimento que as mídias tecnológicas requerem significa dizer que ele tem sido formado academicamente para ministrar aulas dentro de um cenário tecnológico emergente, o que nem sempre é verdadeiro. O que se pode observar é que o professor tem sido formado num modelo de currículo que não se tem privilegiado esse saber.

Para Teruya (2005):

O papel da escola não se limita a desenvolver metodologias para erradicar o “analfabetismo tecnológico”, mas também oferecer instrumentos para analisar criticamente os recursos do ciberespaço, no sentido de privilegiar a formação ética, incentivando a participação coletiva no processo de construção da nova sociedade, verdadeiramente democrática, ou seja, um mundo onde todas as pessoas usufruam os benefícios das conquistas científicas (p.68)

A formação acadêmica da maioria dos professores tem sido deficitária, tendo apenas em seu curso uma disciplina específica para que o professor se aproprie do conhecimento tecnológico com aulas teóricas e as aulas práticas não têm sido uma ação sistemática. Nessa ótica, passa a ser um desafio incorporar as ferramentas tecnológicas no processo de ensino e aprendizagem dentro da sala de aula, porque a formação inicial do professor não lhe dá o preparo para tal. Todavia é papel da escola ofertar “formação em serviço” para o professor, uma vez que, a sua formação inicial não lhe dá subsídios e também o fenômeno tecnológico vive sempre em constante mudanças. Novos modelos de aparelhos modernos vem sendo comercializados no mercado com novas funções e formatos requerendo da escola o conhecimento de sua potência e de suas finalidades.

No entanto, se percebe que ainda é muito raro a escola ofertar esse tipo de formação e isso se dá por motivos muito simples como a falta de autonomia da escola e de interesse de alguns professores.

Em relação a autonomia da escola, é relevante destacar que ela precisa direcionar verbas para contratar empresas especializadas para ministrar formação, contudo, tal fato, deverá estar em consonância com o Projeto Político Pedagógico, fato muitas vezes esquecido de ser inserido e sendo assim, essa questão fica sempre em pendência.

A falta de interesse por parte da maioria dos professores tem sido um grande

problema, apesar dos mesmos não conhecerem o potencial das novas ferramentas tecnológicas, compreendem que interagir com elas requer novo planejamento, novas metodologias e isso significa mais trabalho, o que grande parte dos professores não quer. No entanto:

Os avanços tecnológicos estão sendo utilizados praticamente por todos os ramos do conhecimento. As descobertas são extremamente rápidas e estão a nossa disposição com uma velocidade nunca antes imaginada. A internet, os canais de televisão à cabo e aberta, os recursos de multimídia estão presentes e disponíveis na sociedade. Em contrapartida, a realidade mundial faz com que nossos alunos estejam cada vez mais informados, atualizados, e participantes deste mundo globalizado (KALINKE, 1999, p. 15).

O que se pode afirmar é que as mídias tecnológicas estão sendo inseridas em todo contexto social e na escola não pode ser diferente. Dessa forma, surgem novas problemáticas: ou professor se adapta ao novo paradigma social, ou então o ensino por meio das tecnologias será apenas para poucos, caracterizando aí, a exclusão.

PERFIL DO PROFESSOR FRENTE AO CONTEXTO TECNOLÓGICO

As novas mídias tecnológicas presentes na escola têm favorecido ao professor trabalhar de forma ativa com uma gama de recursos de apoio ao processo de construção do conhecimento de modo ativo e interativo. Tais recursos possibilitam um aprendizado mais eficiente, além de oportunizar ao professor se atualizarem e de “aprender a conhecer” (DELORS, 2003), um dos pilares essenciais para viver melhor no século XXI.

Para o autor, a educação engloba aspectos importantes dentro do ambiente escolar, mas também oportuniza a criação de novas gerações bem mais preparadas para mudar e melhorar o mundo. Tudo isso em parceria com um professor bem qualificado para viver num cenário tecnológico cada vez emergente.

Neste cenário, o professor assume um novo perfil ao entender que o estudante, por meio da utilização das novas mídias tecnológicas, potencializa o processo de aprendizagem quando faz uso e interpreta com clareza as novas linguagens presentes nesses recursos de teia global.

Assim, entende-se que seja perfil do professor conhecer e dominar as tecnologias que uma grande parcela dos estudantes utilizam, das quais carregam em si novas linguagens e que possam ser instrumentos de troca de informações e disseminação do conhecimento. Dessa forma, o docente necessita saber orientar os estudantes sobre como buscar informação, tratá-la e como utilizá-la. No entanto, isso só é possível se ele tiver uma formação sólida frente as tecnologias. Esse professor será o mediador da aprendizagem dos estudantes estimulando-os o trabalho de forma colaborativa. Assim, o espaço escolar permitirá que o estudante esteja conectado e saiba transitar entre os diferentes meios, mas que o ensina a fazer isso com criticidade e com responsabilidade.

Não se pode deixar de salientar que a formação de professores para esse novo paradigma, o da tecnologia, que tem sido crítica e não tem sido privilegiada de maneira efetiva pelas políticas públicas em educação nem pelas Instituições de Ensino Superior. Porém, percebe-se que alguma solução vem sendo propostas e se inserem em programas de formação de nível de pós-graduação, o que também tem sido falho. As aulas necessitam ser ministradas em laboratórios nos quais o professor possa explorar as ferramentas e indagar como e porque elas são importantes para o aprendizado dos estudantes.

A incorporação das novas mídias tecnológicas como conteúdos básicos comuns nos cursos de licenciaturas passa a ser um elemento que pode favorecer uma maior vinculação entre os contextos de ensino e mudanças na prática pedagógica do professor. Nessa perspectiva, cabe a Universidade formar professores para atuarem não somente em, como também saber passar conteúdos para os estudantes desenvolvendo as novas competências que o mundo globalizado emerge, como capacidade de saber lidar com as tecnologias no ambiente escolar.

NOVAS MÍDIAS TECNOLÓGICAS E OS DESAFIOS DO PROFESSOR NESSE CONTEXTO

No mundo tecnológico no qual se vive, inserir as novas mídias tecnológicas à sala de aula ainda continua pouco frequente e tem tornado um desafio para o professor. Em muitos casos, a formação não considera essas tecnologias, e se restringe ao teórico, ou seja, o docente precisa buscar esse conhecimento em outros espaços, com alguns colegas e até mesmo com o próprio estudante. Sim, porque eles já nasceram na era tecnológica e aprenderam a usar a tecnologia pela curiosidade, ação que muitas vezes o professor não utiliza.

Com as novas mídias tecnológicas (WhatsApp, Instagram, Facebook, Snapchat, Musically, Like), dentre outras inseridas na vida dos jovens e dentro da escola, abrem-se novas expectativas, novos horizontes à educação, exigindo do profissional da docência uma nova postura. Nessa ótica, caberá ao professor a missão de fazer dessas mídias instrumentos de aprendizagem. Todavia, muitas vezes ele as ignora, ao invés de valorizá-las. Isso se dá por medo, por uma formação acadêmica que não foi trabalhada os princípios da tecnologia, da sua importância na sociedade e na vida das pessoas.

A educação em suas relações com a Tecnologia pressupõe uma rediscussão de seus fundamentos em termos de desenvolvimento curricular e formação de professores, assim como a exploração de novas formas de incrementar o processo ensino-aprendizagem. (CARVALHO, KRUGER, BASTOS, 2000, p. 15).

Os autores apontam a necessidade da formação dos professores quanto às tecnologias que se apresentam em sala de aula. Por meios dessas ferramentas, o professor bem preparado poderá enriquecer a sua prática pedagógica e ainda ensinar

os estudantes a inserirem-se no mercado de trabalho, pois a sociedade capitalista como a nossa requer cada vez mais pessoas que saibam lidar com as novas ferramentas tecnológicas. Daí a importância da escola se preparar para conviver nesse contexto.

Preparar os estudantes para viver numa sociedade competitiva e na era do conhecimento como a contemporânea deve ser o norte da escola, fazendo parte desse contexto o uso consciente das tecnologias. Usá-las em favor da educação é sem sombra de dúvidas analisá-las como um suporte que busca a melhoria da qualidade do processo educacional ofertado, sobretudo porque nem tudo o que a internet oferece pode ser utilizado pelos estudantes.

A nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação Nacional propõe uma prática educacional adequada à realidade do mundo, ao mercado de trabalho e à integração do conhecimento (art.2º.), dessa forma, o acesso às tecnologias está literalmente relacionado com os direitos básicos de liberdade e de expressão, por isso pode-se afirmar que os recursos tecnológicos são as ferramentas contributivas ao desenvolvimento social, econômico, cultural e intelectual.

Dito de outra forma, a utilização efetiva das novas mídias tecnológicas na escola é uma condição essencial para inserção mais completa do cidadão nesta sociedade na qual o conhecimento passa a ser o cerne do mundo.

CONCLUSÃO

A incorporação das Mídias Tecnológicas na escola é um desafio para o professor e para o processo de ensino-aprendizagem, exigindo deste, um novo fazer pedagógico. Por isso, precisa se primar por uma formação consistente que permita ao professor apropriar-se do conhecimento tecnológico possibilitando-o a compreender a interligação que a tecnologia permite as pessoas de se conectarem com a educação e com o mundo.

Conclui-se que as mídias tecnológicas favorecem a construção do conhecimento, estimulam a busca por novas aprendizagens e colaboram para a formação de estudantes conscientes e críticos que transformam informação em conhecimento.

A inserção das tecnologias na escola é um processo que vem se dando de forma rápida pelos estudantes, todavia necessita da intervenção do professor sobre ser mediador desse conhecimento para identificar se o que a internet oferece a esses tem promovido a melhoria da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- BRANDÃO, Edemilson. Informática e educação: uma difícil aliança. Passo Fundo: UPF, 1995.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.
- CARVALHO, Marília G.; BASTOS, João A. de S. L.; KRUGER, Eduardo L. de A./ Apropriação do conhecimento tecnológico. CEEFET-PR, 2000. Cap. Primeiro.

DELORS, J. Educação: um tesouro a descobrir. 2ed. São Paulo: Cortez Elabore três tipos de fichas (citação, resumo e analítica) com base no texto: “Os 4 pilares da Educação” de Jacques Delors. Brasília, DF: MEC/UNESCO, 2003.

DRUCKER, P. Sociedade pós-capitalista. São Paulo, Pioneira, 1993.

FRIGOTTO, G. A formação e profissionalização do educador frente aos novos desafios. VIII ENDIPE, Florianópolis, 1996. Pp. 389-406.

GADOTTI, Moacir. Boniteza de um sonho. Ensinar - e- aprender com sentido. Curitiba.-PR: Ed. Positivo. 2005.

KALINKE, M. A. Para não ser um Professor do Século Passado. Curitiba: Gráfica Expoente, 1999.

LÉVY, P. As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro, ed.34, 1993.

MORIN, E. Os sete saberes necessários à educação do futuro. São Paulo: Cortez: Brasília, UNESCO, 2011.

NÓVOA, A. Formação contínua de professores: realidades e perspectivas. Aveiro, Univ.Aveiro, 1991.

SANTOS, José Vicente Tavares dos. As possibilidades das metodologias informacionais nas práticas sociológicas: por um novo padrão de trabalho para os sociólogos do Século XXI. Sociologias, Porto Alegre, v. 3, n. 5, p. 114-146, 2001.

SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (org) Os professores e sua formação. Lisboa, Dom Quixote, 1992.

OLIVEIRA, Aristóteles da Silva. Perspectivas para formação de professores na sociedade da informação. In: MERCADO, Luis Paulo Leopoldo(org.). Percursos na Formação de Professores com Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação (org.). Maceió: Edufal, 2007.

PIMENTEL, N. M. Educação a distância. Florianópolis: SEaD/UFCS, 2006.

TERUYA, Tereza Kazuko. In: Trabalho e Educação na Era Midiáticas. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2006, p. 42,86,93.

LABPATI – LABORATÓRIO DE PROJETOS DE AUTOMAÇÃO E TECNOLOGIAS INOVADORAS

Jefferson Uchôa Ponte

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Divisão de Suporte/Diretoria de Tecnologia da Informação Redenção - Ceará

Erivando de Sena Ramos

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Divisão de Suporte/Diretoria de Tecnologia da Informação, Redenção - Ceará

Alan Cleber Moraes Gomes

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Divisão de Suporte/Diretoria de Tecnologia da Informação Redenção - Ceará

Francisco Giovanildo Teixeira de Souza

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Divisão de Suporte/Diretoria de Tecnologia da Informação, Redenção - Ceará

Ligia Maria Carvalho Sousa Cordeiro

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Diretoria de Tecnologia da Informação, Redenção - Ceará

RESUMO: Este artigo tem como objetivo de apresentar o Laboratório de Projetos de Automação e Tecnologias Inovadoras (LABPATI), um laboratório voltado para desenvolvimento de hardware e software ligados à inovação

no contexto de universidade e enumerar seus projetos que estão em produção na UNILAB.

PALAVRAS-CHAVE: inovação; tecnologia da informação, desenvolvimento de software; universidade pública; hardware; eletrônica.

ABSTRACT. This paper aims to present the Laboratory of Automation Projects and Innovative Technologies (LABPATI), a laboratory focused on the development of hardware and software related to innovation in the university context and to enumerate their projects that are in production at UNILAB. **KEYWORDS:** innovation; information technology; software development; public university.

1 | INTRODUÇÃO

O laboratório foi criado a partir da união de técnicos de laboratório de informática que tomaram posse na UNILAB no final de 2014, tendo em vista a necessidade de criação de projetos de hardware e software otimizados para o contexto da universidade. O grupo se originou em 2015 com os membros: Erivando de Sena Ramos, Alan Cleber Moraes Gomes, Jefferson Uchôa Ponte e Francisco Giovanildo Teixeira de Souza. Utilizando-se de técnicas de Engenharia de Software, programação orientada a objetos e padrões de projeto a

equipe desenvolveu alguns projetos, dentre os quais estão o sistema **CATRACA – Controle Acadêmico de Tráfego Automatizado** e o sistema **UniCaffé – Sistema de Controle de Laboratórios de Informática**.

2 | METODOLOGIA

Para esses projetos, foram utilizadas abordagens de processo de software incremental. Isso foi feito até mesmo para desenvolvimento de hardware no projeto do Kit Catraca. O modelo incremental é descrito por Sommerville da seguinte forma: “cliente identifica, em linhas gerais, os serviços a serem fornecidos pelo sistema. Eles identificam quais os serviços mais importantes e quais os menos importantes. Assim, um número de incrementos de entrega é definido, com cada incremento fornecendo um subconjunto das funcionalidades do sistema. A alocação de serviços aos incrementos depende da prioridade do serviço, com os serviços de prioridade mais alta sendo entregues primeiro.” (P. 48).

O processo de coleta de requisitos foi feito através de entrevista, onde aproveitou-se para saber dos clientes o que é mais importante. Uma documentação listando os requisitos do software foi desenvolvida. Após isso foi desenvolvido um diagrama de classes no padrão UML(Unified Modeling Language). O diagrama foi desenhado pensando a separação entre as entidades de visão, modelo e controle, utilizando o padrão de arquitetura de software MVC. Este padrão permite o desenvolvimento independente e em paralelo de diferentes partes do sistema ao mesmo tempo por pessoas diferentes. Foi desenvolvido o diagrama entidade relacionamento e posteriormente o script sql que gerou as tabelas do banco de dados em um sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL. Após isso seguiram-se o desenvolvimento, testes, implantação e suporte.

3 | RESULTADOS

3.1 UniCaffé – Sistema de Controle de Acessos de Laboratórios de Universidades

UniCaffé – Sistema de Controle de Acessos de Laboratórios de Universidade, é o conjunto de softwares que auxiliam no gerenciamento de máquinas de laboratórios de informática no contexto de universidades.

UniCaffé Cliente é um software que é instalado nos PCs do laboratório de informática responsável, este toma todo o controle do sistema operacional, iniciando uma janela de bloqueio que preenche toda a área de trabalho, impedindo o uso da máquina, disponibilizando somente campos de um formulário para preenchimento das credenciais de acesso cadastradas no sistema acadêmico da universidade. O software envia essas credenciais ao **UniCaffé Servidor** e este verifica as credenciais

no banco de dados do sistema e responde liberando ao cliente com o tempo que deverá ser disponibilizado a ao usuário. O UniCaffé Cliente esconde a janela de bloqueio e disponibiliza uma barra com um contador mostrando o tempo restante de acesso, o login do usuário, um botão para finalizar o acesso e outro para minimizar a barra. O laboratório poderá ser administrado através da ferramenta chamada UniCaffé Web, um serviço web disponível em <http://unicaffe.unilab.edu.br>. Essa aplicação disponibiliza aos usuários administradores informações em tempo real da situação de cada laboratório ou de cada máquina em um laboratório especificado. Incluem o nome e e-mail dos usuários que estão acessando naquele momento, informações de ip e endereço mac, relatórios de acessos. Além disso o sistema disponibiliza botões para envio de comando para as máquinas: ligar, desligar, bloquear acesso, bloquear a internet, envio de mensagens aos usuários e modificar regras do laboratório (definir qual cota de tempo cada usuário vai receber por turno, quanto tempo cada turno irá durar, disponibilização de tempo adicional automaticamente em caso de não lotação, quantas máquinas devem estar livres para o laboratório não ser considerado pelo sistema como lotado).

EQUIPE DESENVOLVEDORA DO UNICAFFÉ

Jefferson Uchôa Ponte: gerente do projeto, análise de requisitos, modelagem de banco de dados, modelagem de sistema, desenvolvimento do UniCaffé Cliente, UniCaffé Servidor e UniCaffé Web; Erivando de Sena Ramos: desenvolvedor das telas da versão inicial do UniCaffé Cliente; Alan Cleber Morais Gomes: mapeamento de registros necessários para a manipulação do sistema operacional e de processos que devem ser permitidos no UniCaffé Cliente; José Olinda Da Silva, desenvolvimento das telas da aplicação cliente 1.0 e da aplicação web; Francisco Giovanildo Teixeira de Souza: desenvolvimento de funcionalidades, correções nas três aplicações.

3.2 Catraca – Controle Administrativo e Tráfego Acadêmico Automatizado

Os restaurantes universitários da UNILAB – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira mantido pela Seção de Alimentação e Nutrição vinculado à PROPAE(Pró-Reitoria de Políticas Afirmativas e Estudantis) aderiram ao uso de catracas eletrônicas para seus controles de acessos, porém, após várias tentativas de utilização das catracas eletrônicas e diante da dificuldade de obter suporte técnico por parte do fornecedor das catracas eletrônicas, as mesmas não funcionaram conforme o esperado ficando inoperantes.

Diante de tal situação a DTI – Diretoria de Tecnologia da Informação lançou a iniciativa de um projeto para reestruturar o sistema atual das catracas do RU – Restaurante Universitário como também projetar um modelo de catraca eletrônica que possa funcionar de forma plena com manutenção por parte da Divisão de Suporte

(DISUP) da própria universidade.

Assim, o LABPATI desenvolveu um conjunto de softwares denominado sistema CATRACA – Controle de Tráfego Acadêmico Automatizado.

Catraca Web, interface web que realiza diversas tarefas no sistema. Aos usuários administradores, permite que estes cadastrem os parâmetros de funcionamento do sistema: valor de custo da refeição, turno, tipos de usuários com o valor cobrado pela refeição, controle de níveis dos outros usuários, relatórios de acesso dos usuários, relatórios de guichê. Qualquer usuário que acesse o sistema inicialmente recebe o nível de usuário padrão, com o qual apenas consegue ver seus créditos e seu histórico de refeições. Caso seja definido pelo administrador como usuário Guichê poderá vender créditos, tem um nível chamado nível cadastro para usuários que tem responsabilidade de cadastrar cartão para os usuários. Por último o nível catraca virtual, é um usuário que irá operar uma catraca virtual através da página web.

Web Service Catraca: Um serviço web que disponibiliza informações do banco de dados para outras aplicações. O aplicativo CATRACA Unilab utiliza-o para consulta de saldo e histórico de refeições, enquanto o Kit CATRACA eletrônica utiliza-o para manter suas informações de cartões e créditos dos cartões atualizada. Web Service Catraca também recebe do Kit CATRACA os acessos ao restaurante, e faz o cadastro no banco de dados.

Aplicativo Catraca UNILAB, um aplicativo para sistema operacional Android, disponibiliza em tempo real as informações de extratos, saldo de créditos do cartão, receber avisos de utilização do cartão no Restaurante.

Kit Catraca Eletrônica: dispositivo usado para automatizar e controlar o acesso através de catracas ou portas. O kit compõe um circuito e um software. Este é executado em um raspberry PI, comunica-se com o banco de dados do sistema catraca através da web service catraca e utiliza-se das portas de GPIO para enviar e receber sinais do circuito que faz interface com os periféricos de uma catraca (leitor de cartão RFID, com display de LCD e leds) para controlar o acesso no restaurante, debitando créditos e atualizando a base de dados no servidor. Atualmente o Kit Catraca não está em produção na universidade, mas está disponível para utilização.

Equipe desenvolvedora do CATRACA

Erivando de Sena Ramos: gerente do projeto, modelagem de banco de dados, modelagem de sistema, desenvolvimento do Kit Catraca Eletrônica; Jefferson Uchôa Ponte: análise de requisitos, modelagem de banco de dados, modelagem aplicação CATRACA Web, desenvolvimento da aplicação CATRACA Web; Alan Cleber Moraes Gomes: desenvolvimento da aplicação CATRACA Web;

4 | CONCLUSÃO

Antes da instalação do UniCaffé no laboratório de informática da UNILAB era utilizado um software de gerenciamento chamado NexCafé. Neste o técnico de

laboratório deveria permanecer como atendente, onde sua função seria atribuir e controlar o tempo de cada usuário, sendo para isso necessário perguntar o nome de cada um e adicionando o tempo no sistema. Gerando filas e desconforto para os usuários.

Com o UniCaffé o tempo dos usuários passou a ser renovado automaticamente e o acesso através do usuário e senha do sistema SIG. Sendo assim não seria mais necessário cadastrar usuários. A renovação automática do tempo de acesso quando não lotação do laboratório também eliminou o processo de adicionar mais tempo no usuário que tem o seu tempo finalizado. Isso acabou possibilitando uma maior liberdade para os técnicos de laboratório trabalharem em cima de problemas mais técnicos, como instalação de programas e resolver problemas nas máquinas ou mesmo desenvolver outras soluções no LABPATI. O que torna um laboratório mais fácil de gerenciar. Os laboratórios de informática ligados à DTI na UNILAB são gerenciados por apenas um plantonista. Existem outros de pesquisa que não possuem nenhum gerenciamento humano.

O sistema já está sendo utilizado em quase 200 máquinas, distribuídas nos laboratórios de informática, laboratórios de pesquisa, bibliotecas nos campi da UNILAB no Ceará e na Bahia. O sistema está em produção desde abril de 2015, na data da submissão deste artigo já forneceu mais de 300 mil horas.

Com relação ao sistema CATRACA, o número de usuários que utiliza diariamente o aplicativo android e o sistema web ultrapassa os 3 mil usuários. E todos os usuários que frequentam o restaurante hoje são identificados através da catraca virtual. Sendo utilizado nos campi do Ceará e na Bahia. Antes do sistema ser implantado não existia uma garantia de que o usuário que se dizia aluno era mesmo aluno, o que ocasionava uma quantidade significativa de pessoas sendo subsidiadas. O Kit Catraca Eletrônica ainda não está em produção na Universidade. Mas em está disponível para ser utilizado quando houver uma quantidade maior de filas e a necessidade de otimizar custo com funcionários.

REFERÊNCIAS

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

UMA CURADORIA DIGITAL PARA OS DADOS CIENTÍFICOS DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO: A CRIAÇÃO DO PROJETO PILOTO

Nilson Theobald Barbosa

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ

Linair Maria Campos

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ

Fabília Carla Ferreira Sobral

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ

Roberto José Rodrigues

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: Este trabalho mostra os passos iniciais tomados pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a partir de requisitos discutidos aqui, para a criação de uma curadoria digital de dados científicos para esta instituição de ensino e pesquisa, que reúne mais de 50000 estudantes, 4000 professores e centenas de laboratórios e grupos de pesquisa, que geram dados científicos de pesquisa em praticamente todas as áreas do conhecimento. São discutidas algumas bases teóricas necessárias à existência de uma curadoria digital e seus benefícios aos pesquisadores, incluindo a preservação digital, a divulgação científica, o compartilhamento de informações e o reuso de dados de pesquisa. Discute e apresenta os

esquemas de metadados estudados e mostra os ganhos com o uso de ontologias, para a realização de buscas inteligentes. Além disso, faz uma comparação entre alguns produtos de software candidatos a suportarem as funções definidas, mostrando as escolhas feitas para nosso ambiente de produção. São mostrados, ainda, quais benefícios a instituição e seus pesquisadores podem obter a partir do pleno funcionamento de uma estrutura de curadoria.

PALAVRAS-CHAVE: Curadoria digital. Dados de pesquisa científicos. Preservação digital. Acesso à informação digital. Repositórios institucionais.

ABSTRACT: This work shows the initial steps taken by the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), from requirements discussed here, to create a digital curation of scientific data for this teaching and research institution, which brings together more than 50,000 students, 4,000 professors and hundreds of laboratories and research groups that generate scientific research data in virtually all fields of knowledge. Discusses some theoretical bases necessary to the existence of a digital curation and its benefits to researchers, including digital preservation, scientific communication, information sharing and reuse of research data. Discusses and presents the metadata schemes studied and shows the gains with the use of ontologies, to

perform intelligent searches. Moreover, makes a comparison between some candidate software products bearing the defined functions, showing the choices made for our production environment. Are shown also benefits the institution and its researchers can get from the full operation of a curatorial structure.

KEYWORDS: Digital curation. Scientific research data. Digital preservation. Access to digital information. Institutional repositories.

1 | INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas observamos um crescimento acentuado na produção de dados e registros em formato digital em todas as áreas do conhecimento humano, com a utilização crescente das tecnologias que há quase meio século vem transformando a criação e disseminação de informações. Estes registros podem ser legados analógicos que foram digitalizados ou podem ser registros que nasceram já em sua forma digital, dos mais diferentes tipos, sejam eles texto, imagens e fotos, sons e músicas, vídeos, entre outros.

Todos estes dados e registros estão sob o risco da obsolescência digital e da fragilidade inerente dos meios de armazenamento digital. A curadoria digital é o gerenciamento e a preservação dos dados digitais ao longo do tempo e envolve todas as atividades de gerenciamento de dados desde o planejamento de sua criação, melhores práticas para documentação e a garantia de sua disponibilidade para descoberta e reuso. A curadoria digital pode, ainda, incluir o gerenciamento de vastos conjuntos de dados, garantindo que continuem sendo buscados e lidos (ABBOTT, 2008).

Do mesmo modo, os cientistas, pesquisadores e acadêmicos, das mais diferentes áreas do conhecimento, utilizam estes meios digitais para armazenar, produzir e compartilhar dados de pesquisa. Estes dados, de grande valor científico, são na maioria das vezes armazenados em locais impróprios, não seguros e não disponíveis. Assim, dados de pesquisa que poderiam ser divulgados, citados e reutilizados por diferentes grupos de pesquisa, ficam restritos aos seus criadores ou no máximo a seu grupo de pesquisa.

As instituições de pesquisa têm a preocupação de registrar nos sistemas formais de informação, ou seja, arquivos e repositórios locais, bases de dados e bibliotecas, os resultados de suas pesquisas na forma de documentos, que são insuficientes para salvar os dados obtidos ao longo do trabalho. Um estudante de doutorado, por exemplo, ao concluir sua pesquisa, esta é registrada na forma de tese, que contém apenas uma parte do trabalho dos conteúdos intelectuais gerados nos diversos anos de trabalho. Os dados de pesquisa, que dão sustentação à sua tese, que são analisados e discutidos em seu trabalho, adormecem em computadores e mídias pessoais, que impedem a sua reutilização por outros grupos de pesquisa e vão sofrer fortemente o processo de obsolescência tecnológica, pela fragilidade das mídias e pela absoluta

falta de intencionalidade em preservá-las e compartilhá-las (SAYÃO e SALES, 2012).

Desta forma, seguindo o caminho traçado por algumas instituições de pesquisa no mundo, sob os preceitos da ciência aberta, da reutilização de dados e da preservação estamos realizando a criação, na UFRJ, de uma curadoria de dados digitais de pesquisa que possa atender os diferentes grupos de pesquisa das multivariadas áreas do conhecimento presentes na universidade.

2 | METODOLOGIA

Inicialmente dois pressupostos foram considerados ao ser criado o projeto de curadoria para a UFRJ. Um deles era a necessidade de que esta estrutura estivesse num alto nível hierárquico da administração para que pudesse ter acesso direto às unidades, departamentos e grupos de pesquisa e para que fosse possível pudesse demonstrar claramente que aquele era um projeto abraçado e suportado pela administração central da universidade, ou seja, que poderia vislumbrar recursos para sua execução e continuidade.

Outro pressuposto importante era que, em que pese não ser um projeto puramente ligado à computação e à informática, necessitava de forte apoio destas áreas, no que diz respeito aos processos de armazenamento, backup, instalação de aplicativos e de bancos de dados.

Uma das características das pesquisas científicas é a geração de dados fortemente variados e heterogêneos, com natureza, formatos, processos, volumes diferentes, sendo necessário descrever, com razoável detalhe, as principais características destes dados, incluindo a natureza e a origem, escopo e escala dos dados produzidos. As exigências sobre o nível de descrição e de atribuição de metadados devem ser identificadas desde o começo do projeto e revistas ao longo do ciclo de vida dos dados. Essa é a essência de uma boa curadoria de dados (SAYÃO e SALES, 2012). Ainda segundo estes autores,

“uma documentação exaustiva dos dados é a chave para a compreensão do significado deles agora e no futuro. Sem uma descrição minuciosa do contexto tecnológico dos arquivos de dados, do contexto no qual os dados foram criados ou coletados, das medidas que foram feitas, dos detalhes espaciais e temporais, dos instrumentos usados, dos parâmetros e unidades e da qualidade dos dados e da sua proveniência, é improvável que os dados possam ser descobertos, interpretados, gerenciados e efetivamente usados e reusados. Os metadados cumprem essa tarefa, porque eles são a documentação dos dados. Os metadados que são usados para descreverem os dados permitem que eles estejam autodocumentados agora e no futuro” (SAYÃO e SALES, 2012).

Nesse sentido, uma parte essencial do projeto é a definição de um conjunto de metadados a serem atribuídos a todos os objetos digitais armazenados no repositório. Estes metadados podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo seria comum a todos os objetos, definindo as categorias de documentação comuns a todos os dados, tais como datas, nomes dos pesquisadores, nome do grupo de pesquisa, duração

do projeto, órgão financiador, assunto, palavras-chave e semelhantes. No segundo grupo de metadados ficam as categorias específicas a cada área do conhecimento.

Portanto, um dos primeiros desafios no projeto será definir um esquema de descrição de dados que seja capaz de representar os dados depositados no repositório. Este trabalho inclui o estudo de diversos esquemas de metadados existentes.

Além disso, será preciso fazer a escolha do aplicativo e do banco de dados capaz de permitir a atribuição de metadados, armazenar os dados de forma segura e com atribuições de permissões de uso, permitir a busca e o cruzamento de informações, tudo isto numa plataforma web aberta.

Por fim, não era possível começar o projeto abrindo frente a toda a diversidade da universidade, considerando seus grupos de pesquisa. Foi, então, decidido que seria utilizado um pequeno grupo de usuários, preferencialmente de diferentes áreas do conhecimento, para dar início aos trabalhos.

3 | RESULTADOS

A estrutura de Curadoria Digital da UFRJ foi criada como uma assessoria dentro da Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação da universidade, que por sua vez está funcionalmente alojada como um órgão dentro do Gabinete do Reitor, desta forma atendendo aos princípios de ser sinalizado como um projeto institucional e de ter suporte de tecnologia da informação para desenvolver manter seu ambiente computacional. O grupo de trabalho foi montado inicialmente com quatro servidores, uma com doutorado da área de ciência da informação e mestrado em ciência da computação, dois com mestrado em ciência da informação e um com mestrado em ciência da computação.

O estudo dos aplicativos capazes de suportar este ambiente foi inicialmente feito a partir de uma pesquisa em diferentes universidades do Brasil e do exterior, recolhendo informações sobre as plataformas existentes.

Foi possível, entre diversos candidatos, reduzir estes aplicativos a três opções, a saber: DSpace, Dataverse e Vivo, sendo todos eles disponíveis em formato de código aberto. O quadro 1 abaixo mostra as características para cada produto, até a versão analisada.

Produto	Utilização	Customiza interface	Customiza metadados	Permite uso de ontologias	Customiza buscas	Database associado	Database configurável
DSpace	Alta	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Dataverse	Baixa	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Vivo	Média	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não

Quadro 1 – fonte: o autor

Dadas as características demonstradas acima, foi escolhido o DSpace para compor nosso ambiente de teste, como repositório dos *datasets* contendo os dados de pesquisa, tendo como software básico o sistema operacional CentOS, largamente adotado na UFRJ como um dos ambientes padrão quando se adota sistemas Linux.

Com relação aos esquemas de metadados a serem utilizados, este se revelou ser um dos grandes desafios do projeto, uma vez que teremos diversas e diferentes áreas do conhecimento e grupos de pesquisa a serem considerados.

Para a implantação inicial da curadoria está sendo considerada a utilização da combinação de alguns padrões de esquemas de metadados. Para os metadados globais, comuns a todos os dados de pesquisa consideramos a utilização do Dublin Core (DC, 2016), um padrão de metadados largamente utilizado em diversas áreas, por ser um padrão neutro que pode ser aplicado a diversas disciplinas.

Uma lista geral de termos disponíveis no Dublin Core pode ser vista na figura 1.

Properties in the /terms/ namespace	abstract , accessRights , accrualMethod , accrualPeriodicity , accrualPolicy , alternative , audience , available , bibliographicCitation , conformsTo , contributor , coverage , created , creator , date , dateAccepted , dateCopyrighted , dateSubmitted , description , educationLevel , extent , format , hasFormat , hasPart , hasVersion , identifier , instructionalMethod , isFormatOf , isPartOf , isReferencedBy , isReplacedBy , isRequiredBy , issued , isVersionOf , language , license , mediator , medium , modified , provenance , publisher , references , relation , replaces , requires , rights , rightsHolder , source , spatial , subject , tableOfContents , temporal , title , type , valid
Properties in the /elements/1.1/ namespace	contributor , coverage , creator , date , description , format , identifier , language , publisher , relation , rights , source , subject , title , type
Vocabulary Encoding Schemes	DCMIType , DDC , IMT , LCC , LCSH , MESH , NLM , TGN , UDC
Syntax Encoding Schemes	Box , ISO3166 , ISO639-2 , ISO639-3 , Period , Point , RFC1766 , RFC3066 , RFC4646 , RFC5646 , URI , W3CDTF
Classes	Agent , AgentClass , BibliographicResource , FileFormat , Frequency , Jurisdiction , LicenseDocument , LinguisticSystem , Location , LocationPeriodOrJurisdiction , MediaType , MediaTypeOrExtent , MethodOfAccrual , MethodOfInstruction , PeriodOfTime , PhysicalMedium , PhysicalResource , Policy , ProvenanceStatement , RightsStatement , SizeOrDuration , Standard
DCMI Type Vocabulary	Collection , Dataset , Event , Image , InteractiveResource , MovingImage , PhysicalObject , Service , Software , Sound , StillImage , Text
Terms related to the DCMI Abstract Model	memberOf , VocabularyEncodingScheme

Figura 1 – fonte: <http://dublincore.org/documents/2012/06/14/dcmi-terms/>

Outro esquema de metadados que está sendo considerado, e que atende de um modo geral a todos os grupos de pesquisa da área de biologia, que, como mostraremos a seguir, serão os primeiros usuários de nosso repositório é o Darwin Core (DARWIN, 2016). Conforme sua documentação, o padrão Darwin Core foi inicialmente concebido para facilitar a descoberta, recuperação e integração da informação sobre espécimes biológicos, sua ocorrência espaço-temporal e sua evidência baseada em coleções. Hoje seu escopo é mais amplo e mais versátil e é destinado a prover um padrão

estável de referência para o compartilhamento de informações em biologia.

A figura 2 mostra uma lista de termos do Darwin Core.

Record-level Terms
[dcterms:type](#) | [dcterms:modified](#) | [dcterms:language](#) | [dcterms:license](#) | [dcterms:rightsHolder](#) | [dcterms:accessRights](#) | [dcterms:bibliographicCitation](#) | [dcterms:references](#)
[institutionID](#) | [collectionID](#) | [datasetID](#) | [institutionCode](#) | [collectionCode](#) | [datasetName](#) | [ownerInstitutionCode](#) | [basisOfRecord](#) | [informationWithheld](#) | [dataGeneralizations](#) | [dynamicProperties](#)

Occurrence
[occurrenceID](#) | [catalogNumber](#) | [recordNumber](#) | [recordedBy](#) | [individualCount](#) | [organismQuantity](#) | [organismQuantityType](#) | [sex](#) | [lifeStage](#) | [reproductiveCondition](#) | [behavior](#) | [establishmentMeans](#) | [occurrenceStatus](#) | [preparations](#) | [disposition](#) | [associatedMedia](#) | [associatedReferences](#) | [associatedSequences](#) | [associatedTaxa](#) | [otherCatalogNumbers](#) | [occurrenceRemarks](#)

Organism
[organismID](#) | [organismName](#) | [organismScope](#) | [associatedOccurrences](#) | [associatedOrganisms](#) | [previousIdentifications](#) | [organismRemarks](#)

MaterialSample | **LivingSpecimen** | **PreservedSpecimen** | **FossilSpecimen**
[materialSampleID](#)

Event | **HumanObservation** | **MachineObservation**
[eventID](#) | [parentEventID](#) | [fieldNumber](#) | [eventDate](#) | [eventTime](#) | [startDayOfYear](#) | [endDayOfYear](#) | [year](#) | [month](#) | [day](#) | [verbatimEventDate](#) | [habitat](#) | [samplingProtocol](#) | [sampleSizeValue](#) | [sampleSizeUnit](#) | [samplingEffort](#) | [fieldNotes](#) | [eventRemarks](#)

Location
[locationID](#) | [higherGeographyID](#) | [higherGeography](#) | [continent](#) | [waterBody](#) | [islandGroup](#) | [island](#) | [country](#) | [countryCode](#) | [stateProvince](#) | [county](#) | [municipality](#) | [locality](#) | [verbatimLocality](#) | [minimumElevationInMeters](#) | [maximumElevationInMeters](#) | [verbatimElevation](#) | [minimumDepthInMeters](#) | [maximumDepthInMeters](#) | [verbatimDepth](#) | [minimumDistanceAboveSurfaceInMeters](#) | [maximumDistanceAboveSurfaceInMeters](#) | [locationAccordingTo](#) | [locationRemarks](#) | [decimalLatitude](#) | [decimalLongitude](#) | [geodeticDatum](#) | [coordinateUncertaintyInMeters](#) | [coordinatePrecision](#) | [pointRadiusSpatialFit](#) | [verbatimCoordinates](#) | [verbatimLatitude](#) | [verbatimLongitude](#) | [verbatimCoordinateSystem](#) | [verbatimSRS](#) | [footprintWKT](#) | [footprintSpatialFit](#) | [georeferencedBy](#) | [georeferencedDate](#) | [georeferenceProtocol](#) | [georeferenceSources](#) | [georeferenceVerificationStatus](#) | [georeferenceRemarks](#)

GeologicalContext
[geologicalContextID](#) | [earliestEonOrLowestEonothem](#) | [latestEonOrHighestEonothem](#) | [earliestEraOrLowestErathem](#) | [latestEraOrHighestErathem](#) | [earliestPeriodOrLowestSystem](#) | [latestPeriodOrHighestSystem](#) | [earliestEpochOrLowestSeries](#) | [latestEpochOrHighestSeries](#) | [earliestAgeOrLowestStage](#) | [latestAgeOrHighestStage](#) | [lowestBiostratigraphicZone](#) | [highestBiostratigraphicZone](#) | [lithostratigraphicTerms](#) | [group](#) | [formation](#) | [member](#) | [bed](#)

Figura 2 – fonte: <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/index.htm>

Um importante objetivo a ser alcançado não é apenas criar um mero repositório de dados, com buscas simples em metadados, mas sim ultrapassar esta fronteira. Os pesquisadores produzem frequentemente e incessantemente dados e conhecimento avançado e é importante que este conhecimento seja compartilhado. Mas compartilhar este conhecimento envolve mais do que colocar os arquivos disponíveis para outros pesquisadores. A criação de metadados criteriosamente escolhidos, como demonstrado nos exemplos acima, é o primeiro passo para este compartilhamento. Quando os dados são criados em um laboratório, todas as situações que geraram aqueles dados devem ser documentadas, as técnicas usadas, que equipamentos foram usados, em que condições foram colhidos. Estes dados podem ser documentados e buscados, mas quando se permite que estes dados sejam ligados a outros dados similares colhidos em outros laboratórios da própria universidade ou não, quando se define que estes dados sejam codificados sob a forma de ontologias, estamos permitindo uma real colaboração entre grupos de pesquisa e compartilhamento de conhecimento.

Nesse sentido o produto Vivo (VIVO, 2016) surgiu como uma solução pertinente para nosso projeto. Ele permite a importação e criação de ontologias em RDF (Resource Description Framework) que permitem inclusive a realização de inferências sobre os metadados cadastrados e podem ser buscadas a partir de expressões SPARQL, que é uma linguagem de consulta capaz de recuperar e manipular dados em RDF.

As ontologias de amplo uso, que já estão disponíveis no Vivo podem ser vistas na figura 3.

localhost:8080/vivo/listOntologies ☰ ☆

Ontologies

Add new ontology

#	Ontology	Namespace	Prefix
1	Bibontology	http://purl.org/ontology/bibo/	bibo
2	Citation Counting and Context Characterization Ontology	http://purl.org/spar/c4o/	c4o
3	CiTO (Citation Typing Ontology)	http://purl.org/spar/cito/	cito
4	Event Ontology	http://purl.org/NET/c4dm/event.owl#	event
5	FaBiO (FRBR-Aligned Bibliographic Ontology)	http://purl.org/spar/fabio/	fabio
6	FOAF (Friend of a Friend)	http://xmlns.com/foaf/0.1/	foaf
7	Geopolitical Ontology	http://aims.fao.org/aos/geopolitical.owl#	geo
8	OBO Foundry	http://purl.obolibrary.org/obo/	obo
9	OCRe research	http://purl.org/net/OCRe/research.owl#	ocrer
10	OCRe study design	http://purl.org/net/OCRe/study_design.owl#	ocresd
11	SKOS (Simple Knowledge Organization System)	http://www.w3.org/2004/02/skos/core#	skos
12	VCard	http://www.w3.org/2006/vcard/ns#	vcard
13	Vitro Public Ontology	http://vitro.mannlib.cornell.edu/ns/vitro/public#	vitro-public
14	VIVO Core	http://vivoweb.org/ontology/core#	vivo
15	VIVO Scientific Research Ontology	http://vivoweb.org/ontology/scientific-research#	scires

Figura

3 – fonte: Vivo

A combinação do Vivo, com sua forte interface de busca e pesquisa de dados, com o DSpace, que provê um ambiente robusto de armazenamento nos mostra o melhor caminho para a implantação do projeto piloto, que está em curso.

Desta forma, é possível alimentar sua base de dados com informações sobre quais pesquisadores estão em atividade em nossa instituição, qual sua área de expertise, quais competências possuem, quais seus grupos de pesquisa e como se relacionam, e mapear seus dados de pesquisa correspondentes à sua produção científica.

Com relação ao recorte de grupos de pesquisa definidos para serem utilizados neste projeto piloto, já estamos mapeando dados de grupos de pesquisa do Museu Nacional, notadamente da área de botânica, de pesquisadores do Instituto de Química, na área de bioquímica, e estamos agregando alguns outros setores similares para a criação do ambiente inicial.

A figura 4 mostra uma tela de consulta do Vivo.

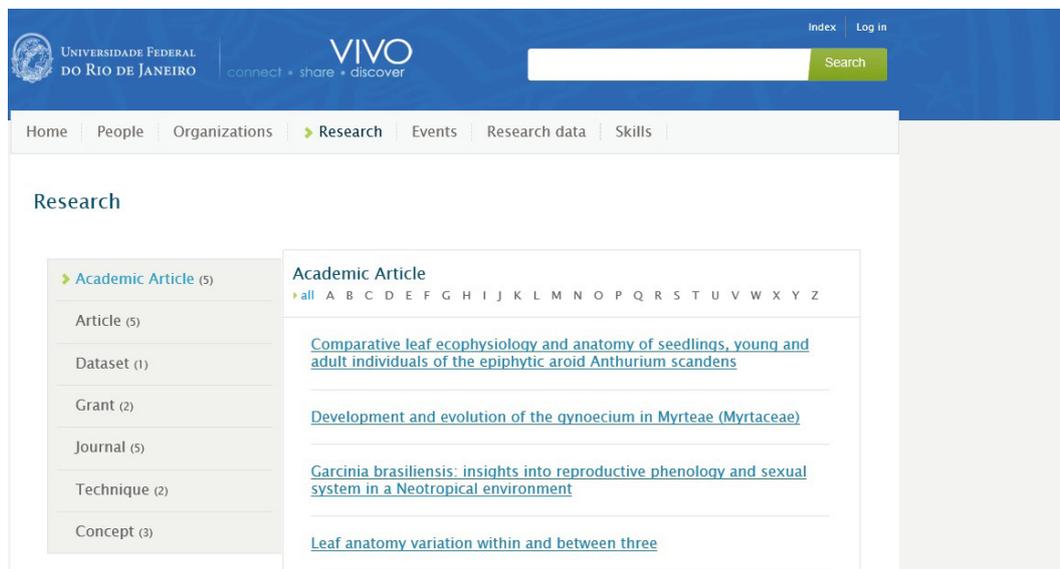


Figura 4 – fonte: Vivo

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As vantagens obtidas com a implantação de uma curadoria digital em um centro de pesquisa ou universidade são gritantes. Começam na básica tarefa de manter e preservar os dados e passam por oferecer grandes oportunidades de colaboração e uso compartilhado dos dados, ao permitir que diferentes grupos de pesquisa usem e reusem seus dados investigativos.

Neste nosso trabalho, estamos considerando também que estas funções essenciais em uma curadoria digital sejam expandidas e atendam também às necessidades de divulgação científica. Diversos setores da universidade manifestaram seu interesse em que seus grupos de pesquisa, suas áreas de trabalho e suas competências científicas pudessem ser divulgadas através buscas realizadas na internet. Muitas vezes a própria universidade não possui informações sobre que pesquisas estão sendo realizadas e onde estão sendo realizadas para informar a quem deseja estas informações. Portanto consideramos que a criação de uma base de dados inteligente contendo este tipo de informação, que possa ser ligada através da tecnologia de dados ligados abertos a outras bases de dados e que preserve e compartilhe dados de pesquisas é o objetivo a ser alcançado neste projeto.

É importante lembrar que, para o sucesso deste empreendimento, é fundamental que os pesquisadores estejam convencidos que esta curadoria será uma ferramenta que auxilie em seu trabalho diário e divulgue sua produção científica para aqueles que se interessem. Portanto, o processo de implantação da curadoria passa pelo estabelecimento de parcerias com estes pesquisadores a partir da demonstração dos ganhos de produtividade com a preservação digital, a reutilização de dados e a divulgação científica.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, D. **“What is Digital Curation?”** DCC Briefing Papers: Introduction to Curation. Edinburgh: Digital Curation Centre. Handle: 1842/3362. Disponível em: <http://www.dcc.ac.uk/resources/briefing-papers/introduction-curation/what-digital-curation>. 2008. Acesso em 10 mar. 2016.

DARWIN. **Darwin Core**. Sítio web. <https://dwc.tdwg.org/>. 2016. Acesso em 15 mar. 2016.

DC. **Dublin Core Metadata Initiative**. Sítio web. <http://dublincore.org/>. 2016. Acesso em 15 mar. 2016.

SAYÃO, L.F, SALES, L.F. **Curadoria digital: um novo patamar para preservação de dados digitais de pesquisa**. Inf. & Soc. João Pessoa, v. 22, n.3, p. 179-191, set./dez. 2012

VIVO. **Vivo: Connect, Share, Discover**. Sítio web. <https://dwc.tdwg.org/>. 2016. Acesso em 15 mar. 2016.

A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS PÚBLICOS

Francisco da Silva Passos

Núcleo de tecnologia da
Informação – Universidade Federal do Acre
(UFAC) Br364
69.920-900 – Rio Branco – AC – Brasil

José William Menezes Ribeiro

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia do Acre - IFAC Xavier Maia, Av. Brasil
920, Rio Branco - AC

Marlon Amaro Coelho Teixeira

franciscopassos@ufac.br, iam_willmenezes@
outlook.com
marlon.teixeira@ifac.edu.br

RESUMO: Nos dias atuais cada vez mais esforços vêm sendo empregados na tentativa de dar acesso às oportunidades a todas as pessoas, independentemente de suas limitações físicas. Este é um processo longo e que pode ser auxiliado pelas novas tecnologias disponíveis no mercado. Neste cenário, um dos grandes desafios é a disponibilização de informação em um formato acessível para as pessoas que possuam as mais diversas necessidades especiais, possibilitando a sua inclusão na sociedade do conhecimento. Isto se torna mais crítico em um ambiente escolar, onde diversos alunos e funcionários possuem limitações e necessidades específicas, demandando um maior esforço e investimento

para disponibilizar informações que sejam acessíveis a todos. Este trabalho tem o objetivo de desenvolver ferramentas computacionais para facilitar a identificação de problemas que possam comprometer a locomoção de pessoas com algum tipo de necessidade especial, assim os gestores podem ter conhecimento dos problemas em tempo real, possibilitando o atendimento rápido e eficiente de uma parcela da população que necessita cada vez mais de iniciativas para sua inclusão na sociedade.

ABSTRACT. Nowadays, more and more efforts are being made in the attempt to give access to the opportunities to all people, regardless of their physical limitations. This is a long process and can be aided by new technologies available in the market. In this scenario, one of the great challenges is the availability of information in an accessible format for people who have the most diverse special needs, enabling them to be included in the knowledge society. This becomes more critical in a school environment where many students and staff have specific limitations and needs, requiring greater effort and investment to make information accessible to all. This work aims to develop computational tools to facilitate the identification of problems that may compromise the locomotion of people with some type of special need, so that managers can have knowledge of the problems

in real time, enabling fast and efficient service of a parcel Of the Population that needs more and more initiatives for their inclusion in society.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente é indispensável o uso de tecnologia em algumas tarefas rotineiras do dia a dia. Aplicativos como Uber e Waze têm se tornado cada vez mais populares, pois auxiliam os usuários a percorrer trajetos evitando possíveis obstáculos e encontrar rotas alternativas de forma rápida e eficiente.

O uso de ferramentas tecnológicas vêm sendo empregadas cada vez mais nos ambientes empresariais, pois auxiliam os gestores de empresas na exploração de novas possibilidades de negócio, onde dados são processados e informações úteis são obtidas, permitindo a diminuição dos custos e a ampliação de novos mercados. Estas ferramentas possibilitam gerar informações traçando tendências de comportamentos de seus clientes, dando a estas empresas uma importante vantagem competitivas no mercado e auxiliando na tomada de decisão [Malhotra, 2012][Rezende e Abreu, 2000] [Ferreira e Ramos, 2005].

Estas novas tecnologias também exercem um papel fundamental na inclusão de pessoas com algum tipo de necessidade especial [Passerino e Montardo, 2007]. Isto fica evidente através das iniciativas do Governo Brasileiro que visam diminuir barreiras que possibilitem o acesso desta parcela da população nos diversos ambientes digitais do Governo Federal. Uma dessas iniciativas é o eMAG - Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico, que traz uma série de indicações de recursos e marcações que promovam melhor acessibilidade aos conteúdos disponibilizados na web.

Porém o fator acessibilidade não se limita somente aos ambientes virtuais, no modelo eletrônico de acessibilidade, essa prática deve ser aplicada também nos espaços físicos dentro das públicas e privadas [Castro, 2002] [Santarosa, 2007]. O Decreto Nº5.296 de 2 de dezembro de 2004 e a lei de diretrizes e bases da educação brasileira - LDB por exemplo, tratam da acessibilidade física nas instituições, assim também como o acesso aos meios virtuais.

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta computacional colaborativa chamada Mobilize, permitindo aos gestores de instituições públicas identificar problemas de acessibilidade física em tempo real. Desta forma, ações mais frenéticas e eficazes podem ser tomadas, priorizando lugares onde há maior necessidade de intervenções. Ela também possibilita aos usuários relatarem, de forma fácil e simples, problemas de acessibilidade no espaço físico a qualquer hora e dia da semana, possibilitando aos gestores responderem a estas requisições diretamente aos usuários.

2 | MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido e aplicado na Universidade Federal do Acre campus Rio Branco, que é uma das mais importantes instituições de ensino da região norte do Brasil.

Somente no ano de 2015, segundo a publicação anual Ufac em Números [UFAC, 2016], 11.417 pessoas entre alunos e funcionários circulam diariamente na instituição em uma área física construída de aproximadamente 97.854,01(m2).

O aplicativo Mobilize foi desenvolvido para permitir que os usuários possam alimentar de forma colaborativa uma base de dados ligada ao painel de controle da aplicação que mostra para os gestores da instituição onde está o maior fluxo de ocorrências de solicitações de melhoria na acessibilidade dentro do ambiente físico da instituição, através dele é possível identificar em tempo real o local exato em que o usuário se encontra na hora do registro da solicitação.

Para o seu desenvolvimento foram utilizados banco de dados Mysql e as linguagens PHP, Javascript e HTML. A API Google Maps foi integrada ao sistema, permitindo ao gestor acessar os relatórios em qualquer lugar que possua internet ou dentro da instituição, já que existe uma rede disponível que cobre grande parte do campus, facilitando o acesso aos dados a qualquer momento, como mostra a figura 1.

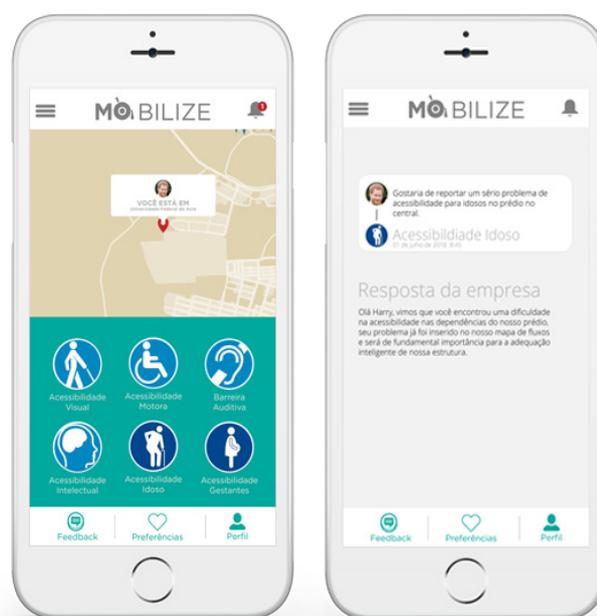


Figura 1. Tela do aplicativo Mobilize - Versão do usuário final

A API Google Maps também foi escolhida porque é uma interface muito utilizada nos dias atuais, o que torna muito fácil a aprendizagem dos gestores para compreender e manipular os relatórios. Outra vantagem desta API são as funcionalidades e a diversidade de relatórios que podem ser produzidos, além da facilidade de integração

com as linguagens de programação web.

O Mobilize ainda não foi colocado em produção e os usuário não tiveram acesso ao aplicativo. Mas alguns testes preliminares já foram realizados com o objetivo de validar o comportamento da ferramenta, onde ocorrências foram geradas aleatoriamente, simulando a utilização por usuários, e armazenadas em uma base de teste. As coordenadas foram simuladas dentro do próprio campus Rio Branco e com isso pôde-se obter alguns dados interessantes sobre o uso da ferramenta, o que foi analisado posteriormente.

3 | RESULTADOS

Utilizando os dados simulando as ocorrências, foi possível avaliar a qualidade e a funcionalidade da ferramenta, Ela oferece diversas formas de geração de relatórios em tempo real, as ocorrências criadas no aplicativo aparecem instantaneamente no mapa, como mostra a figura 2.



Figura 2. Tela de Gerenciamento de ocorrências - Versão do Gestor

Todas as solicitações recebidas serão visualizadas em ordem de submissão e poderão ser respondidas e visualizadas de forma individual. A ferramenta apresenta em um mapa da instituição os últimos pontos de registro de ocorrência de algum problema reportado pelo usuário final.

Identificando os principais locais de ocorrência das requisições, é possível realocar determinados eventos ou atividades da universidade para locais com estrutura mais adequada às necessidades das pessoas. Para mostrar uma visão mais geral das requisições dos usuários, mapas de calor¹ podem ser gerados permitindo que o gestores identifiquem as áreas mais críticas e com mais necessidade de intervenções, possibilitando estabelecer prioridades e uma melhor alocação de esforços e recursos

¹ Mapas de calor são uma das melhores ferramentas de visualização de dados de densidade de pontos. Mapas de calor são utilizados para identificar facilmente aglomerados e encontrar onde existe uma elevada concentração de uma determinada atividade. Eles também são úteis para fazer análises de cluster ou análise de pontos de calor. Fonte: <https://goo.gl/qLEzxK>

financeiros, como mostra a figura 3.

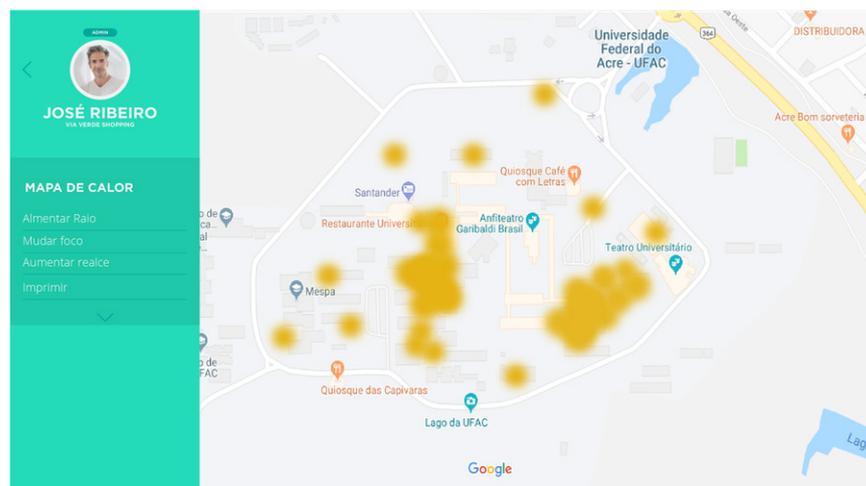


Figura 3. Mapa de calor mostrando pontos críticos com necessidade de intervenção - Versão do Gestor

Outro ponto importante é a facilidade dos gestores responderem às requisições aos usuários de forma rápida, precisa e individualizada. O Mobilize cria uma canal direto entre gestor e usuários, permitindo uma maior aproximação entre o poder público e a sociedade.

4 | CONCLUSÃO

Criar ferramentas tecnológicas para estreitar as relações entre as empresas e seus clientes é uma tendência nos dias atuais, cada vez mais iniciativas que permitem aos clientes emitirem opiniões sobre produtos e serviços são criadas. Esta tendência também está sendo adotada nas repartições públicas, onde a sociedade tem carência de serviços de qualidade. Isto se agrava para as pessoas com necessidades especiais, pois os ambientes não são adaptados às suas necessidades, comprometendo a sua independência e seus direitos como cidadão.

Este trabalho propôs e desenvolveu a ferramenta tecnológica Mobilize, demonstrando que é possível criar soluções colaborativas para apontar problemas de acessibilidade em ambientes físicos. A facilidade com que a ferramenta permite aos usuários registrarem os problemas de acessibilidade enfrentados no seu dia a dia é um meio de alterar a realidade da acessibilidade física.

A ferramenta possibilita aos gestores acompanharem em tempo real as ocorrências, em uma interface intuitiva, facilitando a detecção dos problemas e permitindo uma intervenção mais rápida e eficaz. Além do mais, permite aos gestores criar um canal de comunicação direto com os usuários, estabelecendo uma relação de aproximação das entidades públicas com a sociedade.

Em futuros trabalhos a ferramenta será divulgada e entrará em produção, ficando

disponível para a comunidade interna e externa da Universidade Federal do Acre. Assim, ela será submetida a situações reais reportadas pelos usuários no dia a dia.

REFERÊNCIAS

Castro, A. (2002). Espaços públicos, coexistência social e civilidade: contributos para uma reflexão sobre os espaços públicos urbanos. *Cidades, comunidades e territorios*, (5). Ferreira, L. B. e Ramos, A. S. M. (2005). *TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: COM-*

MODITY OU FERRAMENTA ESTRATÉGICA?/INFORMATION TECHNOLOGY: COMMODITY OR STRATEGICAL TOOL? Journal of Information Systems and Technology Management: JISTEM, (1).

Malhotra, N. K. (2012). *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. Bookman

Editora.

Passerino, L. M. e Montardo, S. P. (2007). Inclusão social via acessibilidade digital: proposta de inclusão digital para pessoas com necessidades especiais. *Colóquio Internacional sobre a Escola Latino Americana de Comunicação*, 11.

Rezende, D. A. e Abreu, A. F. (2000). *Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais*, volume 3. Atlas, São Paulo.

Santarosa, L. M. C. (2007). Acessibilidade em Ambientes de Aprendizagem por Projetos: construção de espaços virtuais para inclusão digital e social de PNEEs. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 5(1), 1 – 11.

UFAC (2016). Ufac em números. Technical report, Rio Branco.

CASE DE GESTÃO ADMINISTRATIVA E MODULARIZADA COM USO DO GLPI

Ricardo Lazzari da Rosa

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Alegrete - RS

Jorge Alberto Messa Menezes Júnior

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Alegrete - RS

Luciano Pereira de Vargas

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Alegrete - RS

Francis Diego Duarte Almeida

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Alegrete - RS

RESUMO: Este artigo descreve a implantação da ferramenta GLPI na UNIPAMPA através da modularização estruturada e organizada hierarquicamente para atender a gestão administrativa e institucional de chamados, sendo denominada de GAUCHA. A aplicação foi adequada de acordo com a demanda de serviços e recursos vinculados, e é decorrência de uma gestão focada em níveis de atendimento, automação de requisições, fluxo definido de aprovações, gestão de projetos e da possibilidade de integração com serviços externos (fornecedores). Os resultados são discriminados com o feedback dos usuários, considerando a pesquisa de satisfação e a gestão de relatórios com uso de dados gráficos,

como no caso das métricas do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: GLPI, gestão, modularizado.

ABSTRACT: This paper describes the implementation of GLPI at UNIPAMPA, by means of structured and hierarchically organized modularization to attend the administrative and institutional management of tickets. It was then labeled GAUCHA. The application was configured according to the demand for services and related resources, and is due to a management focused on service levels, request automation, flow approval, project management and integration with external services (suppliers). The results are drawn from the feedback from users, considering the satisfaction survey and the management of reports using graphical data, as in the case of system metrics.

KEYWORD: GLPI, management, modularized.

1 | INTRODUÇÃO

A Fundação Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) com o objetivo de atualizar o seu antigo e obsoleto sistema de suporte helpdesk e, visando ampliar e melhorar os seus requisitos de gestão e segurança, resolveu adotar uma nova solução. Para isso, a ferramenta francesa Gestionnaire Libre de Parc

Informatique (GLPI) foi escolhida após um comparativo com as demais concorrentes.

E com a sua implantação, analisando seus atributos percebeu-se uma característica marcante, a possibilidade de estruturar o sistema através de suas entidades [Dóleans and Ginioux, 2016]. Sendo organizado hierarquicamente, o sistema foi configurado adotando um fluxo modular em cima das entidades. Assim, a iniciativa foi de adequar as entidades focando não apenas em atender as demandas de serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), como também atuar nos demais serviços institucionais, incluindo os serviços internos (setores e suas particulares) e os serviços externos (fornecedores ou empresas terceirizadas).

Deste modo, nasceu a Gestão Administrativa e Unificada de CHAmados (GAUCHA), um sistema modular para atender as diversas áreas de atividades afins, centralizada em um ponto único, com atuações específicas, impactantes e de entendimento que um serviço tecnológico abrange dentro da gerência de fluxos, recursos e processos.

Conseqüentemente, na execução dos procedimentos administrativos dentro do sistema, as etapas foram estimadas e incrementadas com a liberação parcial de recursos, como por exemplo, a assistência de chamados com feedback de usuários, através da aprovação da solução aplicada por um técnico responsável ou posteriormente por uma pesquisa de satisfação, sendo este um processo muitas vezes não detalhado ou trabalhado pelas equipes de TIC. E, na automação de processos, aplica-se a adoção de requisições recorrentes e preestabelecidas pelos grupos técnicos, responsáveis em atuar dentro deste fluxo definido. Então, verifica-se que agrupar as entidades em áreas, com autorizações relacionadas aos perfis, contribui para um correto fluxo de hierarquia e aprovações vinculadas aos chamados, traduzindo melhor a realidade do ambiente administrativo, cuja as chefias são questionadas pelos técnicos para devidas deliberações.

Já, na gestão de processos maiores, o trabalho compete a ferramenta de projetos, que pode atuar paralelamente com os chamados da assistência. Por fim, os serviços externos são administrativamente gerenciáveis pelos contatos, contratos e orçamentos relacionados aos fornecedores.

Logo, os resultados são obtidos na conclusão administrativa do sistema e da gestão dos dados apresentados em relatórios ou gráficos, apontando em detalhes os registros da realidade organizacional, dimensionando processos de negócio e não apenas os problemas técnicos.

2 | MÉTODOS

A organização das entidades no sistema GLPI/GAUCHA foi modularizada através de uma estruturação em árvore que permite expandir para os demais serviços internos e externos. As entidades são organizadas dentro de um fluxo estabelecido, sendo o nome da instituição (UNIPAMPA), como o root da árvore no primeiro nível.

Sequencialmente, no segundo nível a estrutura está subdividida dentro das necessidades que o negócio demanda, estando incrementada e organizada de forma contínua e, primeiramente, através das atividades estabelecidas pela área TIC. Paralelamente, existe a opção de contemplar e desenvolver as demais áreas atuantes, como as atendidas por sistemas considerados obsoletos, que dentro do nosso ambiente atual, situamos o sistema de manutenção (focado em serviços terceirizados por equipes de manutenção e limpeza). Também, nesta camada informamos os serviços executados pelo modo formal, tendo como exemplo, os setores que atendem e registram as atividades vinculadas por e-mails e, aqueles que não registram nenhuma atividade, os informais. E, os serviços externos, detalhamos os fornecedores que são alocados neste mesmo nível e separados de acordo com as empresas. Destaca-se que as empresas têm acesso ao sistema com o perfil de usuário (atendidas pelo sistema, caso necessário) e com o perfil técnico (atendem demandas da instituição pelo sistema), ou seja, estabelecendo na universidade um padrão que desvincule a necessidade de terceirizadas disponibilizarem seus próprios sistemas, que em muitos casos não atendem requisitos básicos.

Na base da árvore a segmentação é detalhada através da localização física e, que neste caso, de uma universidade multicampi torna-se uma característica relevante.

O detalhe de modularizar as entidades em três níveis sendo instituição, atividades de áreas afins e a localização física (Figura 1) demonstra o desejado trabalho de configurar e separar as devidas permissões dos usuários, através dos perfis que alinhado às regras do sistema possibilitam automatizar alguns processos.

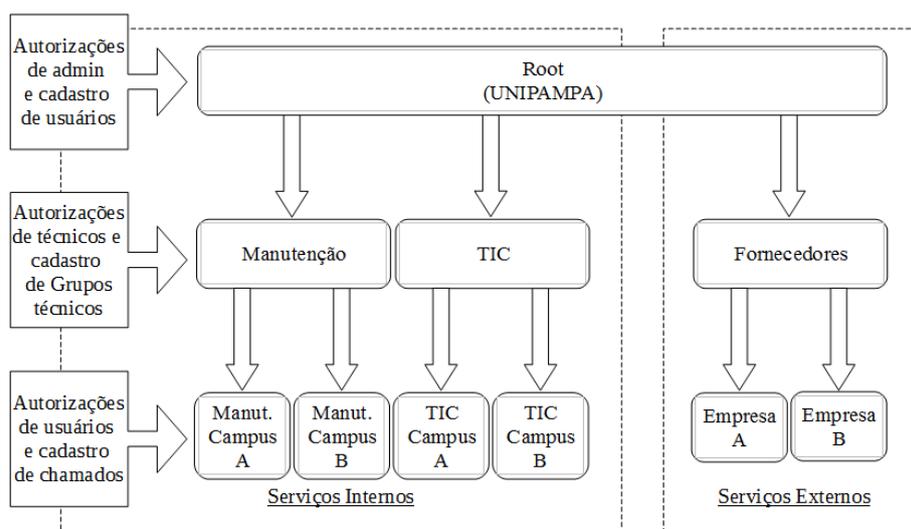


Figura 1. Organograma simplificado e similar das entidades.

Observa-se que no segundo nível, o cadastro de grupos que permite categorizar os usuários. Atualmente, os grupos são delimitados em grupos técnicos de atendimento e manualmente administrados no sistema.

No nível base (das localizações ou empresas) são liberadas as autorizações dos usuários e cadastrados os chamados, possibilitando separar e ao mesmo tempo classificar as informações para uso de relatórios e gráficos. Para as empresas, salienta-se que apenas alguns usuários habilitados (fiscais de contrato) têm os acessos liberados.

Por ser uma universidade com vários usuários, os dados cadastrados são gerenciados por uma base OpenLDAP, sendo um sistema sincronizador responsável por controlar as alterações dos usuários e possíveis migrações entre as entidades, bem como demais informações institucionais.

Portanto, articulando as entidades presume-se englobar vários sistemas em um único, criando uma singularidade de informações integradas e qualificando a usabilidade de técnicos e de usuários, pois possuem apenas um sistema para atender ou serem atendidos. Assim, dando ênfase para a gestão, a criação das categorias de chamados de cada área é espelhada em catálogos de serviços e introduzidas na FAQ pública do sistema, transparecendo um maior entendimento dos serviços prestados pelas áreas atuantes [Sales, 2014].

O atendimento dos chamados é proporcionalmente definido em níveis, com a tendência de atendimentos ágeis e de menor complexidade na primeira camada (solucionador) e, caso necessário, um direcionamento, onde os incidentes ou requisições são atendidas em modo deskside (diretamente no local do usuário) ou por técnicos especialistas [Cohen, 2008].

E ainda, dentro do chamado, existe a definição de matriz de priorização que é tratada pela governança de TI como responsável por ditar as prioridades a serem seguidas em caso de incidentes ou requisições, estabelecendo um planejamento no modo de tratamento das tarefas a serem executadas, em virtude de uma equação que calcula a prioridade através da relação urgência (medida de referência definida pelo usuário, na criação do chamado) e o impacto (medida de criticidade definida pela instituição, através de uma análise no primeiro nível de atendimento). Tal combinação gera uma medida que traduz no final em um acordo de nível de serviço (SLA), ou seja, um prazo adequado para a entrega da solução do chamado [Schaefer, 2012].

3 | RESULTADOS

Os resultados são significativos para a gestão, pois tende a atender diversos requisitos e considera o nível de prioridade orientada ao processo maior que o nível de prioridade orientada à hierarquia. Ou seja, os chamados ou processos requisitantes tornam-se importantes quando impactam nos processos do negócio ou quando um incidente acarreta riscos de operação.

Identifica-se a maturidade do sistema com os avanços contínuos, dentro da gestão de atividades, que permite trabalhar a troca entre a recuperação de serviços

problemáticos por melhorias e inovações. Desta forma, o valor agregado ao negócio e a satisfação dos usuários difunde quebrar velhos conceitos, onde exemplifica-se com alguns usuários que reclamavam da burocracia de processos dispendiosos e demorados, pois acreditavam que seria inútil o seu registro e a rastreabilidade, bastando apenas ser atendido. Entretanto, com o uso da ferramenta cada vez mais difundida, prova-se que sendo solícita e bem atendida, poderá gerar soluções de fato em vez de apenas soluções de contorno.

Além do mais, a disponibilização dos dados e de informações claras a todos os usuários permite simplificar e resumir as atividades abordadas, exemplificada através das métricas (Figura 2), principalmente no que se refere a satisfação dos usuários e determinando como ponto positivo para a alta gestão, sendo base para possíveis tomadas de decisões estratégicas ou na detecção de novas oportunidades.



Figura 2. Métricas da GAUCHA.

A satisfação dos usuários (Tabela 1) é o resultado da qualidade obtida dentro das atividades abordadas e atendidas pelos técnicos no período de Julho de 2016 (sistema em produção) até meados de Março de 2017.

Satisfação – Chamados				
Período	Chamados Abertos	Chamados Fechados	Chamados Atrasados	Satisfação
Julho/2016	61	59	2	78,90%
Agosto/2016	170	170	0	83,90%
Setembro/2016	862	855	7	92,60%
Outubro/2016	959	946	13	91,20%
Novembro/2016	828	815	13	94,30%
Dezembro/2016	594	588	6	93,20%
Janeiro/2017	706	694	12	92,60%
Fevereiro/2017	846	784	62	93,80%
Março/2017 (28/03)	1782	1566	216	93,90%

Tabela 1. Satisfação dos chamados.

4 | CONCLUSÃO

A gestão administrativa conquistada através do GLPI com o gerenciamento de direção, controle, agilidade e eficácia na organização da estrutura tende a suprir os meios e os recursos com o objetivo de produzir os melhores resultados nos serviços prestados.

Muitas vezes, entende-se que mudanças geram desconforto, pois impacta nos conceitos e nos costumes. Assim, observa-se que os mais relutantes com a mudança de gestão, que vem para organizar, são os que justificam-se pelo descaso e/ou incapacidade dos outros.

O registro e a gestão global de diversos serviços faz medir a performance através de critérios e resultados que no fim criam níveis de controle e resposta, satisfazendo o entendimento de usuários e somando valor ao negócio.

Conclui-se que na modularização de entidades no sistema, simplifica-se em um único ponto de convergência, a gestão de chamados e de recursos e, considerando em um futuro próximo, o acréscimo de itens específicos, como a automação de incidentes, alinhamento com o ITIL (abordando problemas e mudanças), serviço de chat interativo e o trabalho contínuo do inventariado de computadores, softwares e demais ativos de TI.

REFERÊNCIAS

Cohen, R. **Implantação de help-desk e service desk**, Novatec, 01ª edição, 2008.

Dóleans, J. M.; Giniox, F. **GLPI – Gestionnaire libre de parc informatique**. Disponível em: <<http://glpi-project.org/>>. Acesso em: Março, 2017.

Sales, H. F. **Central de Serviços com Software Livre: Estruturando uma Central de Serviços com o GLPI**, Edição do autor, 01ª edição, 2014.

Schaefer, A. Disponível em: <<http://www.arthurschaefer.com.br/>>. Acesso em: Março, 2017.

EXPERIÊNCIA DE USO DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO COMO FERRAMENTA DE APOIO AO LEVANTAMENTO E ELICITAÇÃO DE REQUISITOS DE SOFTWARE

Fernanda Vieira Figueira

Universidade Federal do Acre, Núcleo de Tecnologia da Informação, Rio Branco - Acre

Levi Cacau

Universidade Federal do Acre, Núcleo de Tecnologia da Informação, Rio Branco - Acre

Alex Alves da Silva

Universidade Federal do Acre, Núcleo de Tecnologia da Informação, Rio Branco - Acre

Kemis A. V. da Silva

Universidade Federal do Acre, Núcleo de Tecnologia da Informação, Rio Branco - Acre

RESUMO: Atualmente a crescente demanda por sistemas de informação que atendam às organizações tem impulsionado a busca por soluções eficientes e, principalmente, que sejam aderentes aos requisitos de qualidade e especificidades das áreas de negócios. Com esse intuito, equipes de desenvolvimento de software têm buscado alternativas para interagir da melhor forma com os clientes para identificar as suas reais necessidades e elicitar os requisitos dos softwares desenvolvidos. Este trabalho apresenta a experiência vivenciada na Universidade Federal do Acre (UFAC), onde o mapeamento de processo de negócio, usando a notação BPMN (Business Process Model and Notation), vem sendo utilizado como uma ferramenta de apoio

à elicitação e levantamento de requisitos.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de software, Processo de Desenvolvimento de Software, Gerenciamento de Processos de Negócio.

ABSTRACT: Currently, the growing demand for information systems that serve organizations has been driven the search for efficient solutions and, in particular, adhering to the quality requirements and specificities of the business areas. To this end, software development teams have been sought alternatives to better interact with customers so they can identify their real needs and obtain system requirements that will automate the organizational processes. This paper presents the experience of the Federal University of Acre (UFAC), where business process mapping using the BPMN (Business Process Model and Notation) notation has been used as a tool to support elicitation requirements.

KEYWORDS: Software Engineering, Software Development Process, Business Process Management.

1 | INTRODUÇÃO

No último ano, o Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI) da Ufac tem empenhado esforços para evoluir a maturidade do seu Processo de Desenvolvimento de Software (PDS). Esta necessidade tem sido motivada

pele aumento significativo das demandas das áreas finalísticas da Universidade por produtos de software de qualidade que atendam de forma eficiente os seus processos de negócio. Neste sentido, a equipe do NTI percebeu que um de seus maiores desafios era implantar uma metodologia de desenvolvimento de software que conseguisse trabalhar mais efetivamente a participação dos clientes e usuários durante a fase inicial dos projetos de desenvolvimento. A partir deste cenário, formalizou-se um modelo de PDS e, posteriormente, instituiu-se o mesmo entre a equipe interna e os clientes demandantes do serviço de desenvolvimento de sistemas. Esta nova metodologia de desenvolvimento incluiu o uso de Mapeamento de Processo de Negócio (MPN) como uma ferramenta de apoio na etapa de levantamento e elicitação de requisitos. A seguir será detalhado como a MPN tem sido usada e vem contribuindo para a melhoria do processo de software na UFAC.

2 | METODOLOGIA ADOTADA

O primeiro passo para adotar o MPN como uma ferramenta de apoio na elicitação de requisitos foi indicá-la como uma atividade do processo de desenvolvimento de software da Universidade. Para isso foi implantado um novo PDS, que além de incluir o MPN, melhorou o desenvolvimento de software como um todo. Antes do novo processo, os sistemas eram desenvolvidos sem a realização de etapas formais de levantamento e elicitação de requisitos, análise e projeto, testes e homologação. A Figura 1 apresenta como um módulo de software era desenvolvido na UFAC antes do novo PDS.

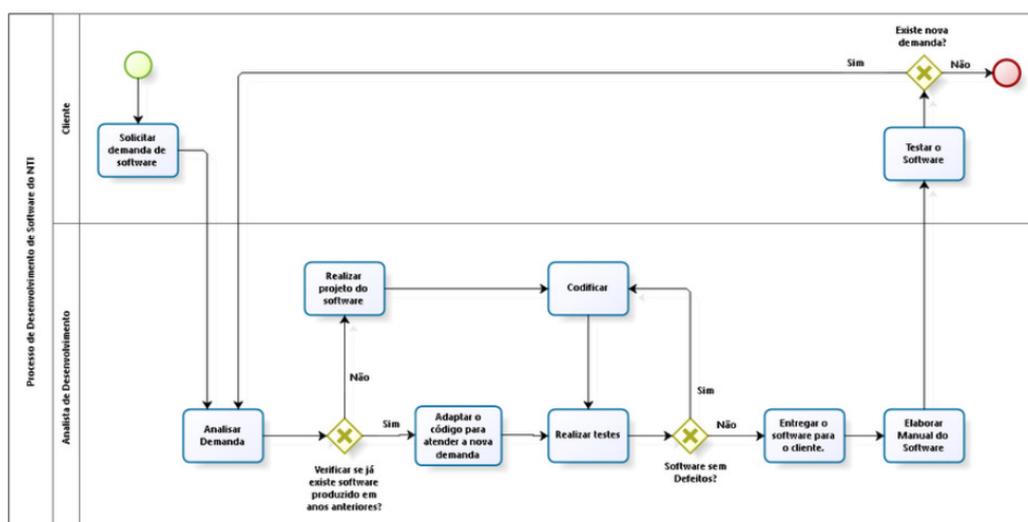


Figura 1. Antigo Processo de Desenvolvimento de Software.

Como pode ser visto, não era um processo de software bem definido, pois não eram executadas etapas básicas para garantir um produto de qualidade. Nele, os desenvolvedores conversavam diretamente com os clientes, entendiam suas

necessidades e partiam para a etapa de codificação. Num primeiro momento, esse método de trabalho era cômodo e ágil para o cliente. Contudo, após a implantação dos módulos desenvolvidos, percebia-se uma série de falhas, tais como: funcionalidades incompletas ou inexistentes, falta de entendimento dos processos de negócio, alto número de erros no software e ausência de integração da base de dados do sistema produzido com a base de dados institucional. Analisando estas falhas, percebeu-se duas principais causas para elas: falta de participação ativa do cliente na etapa de levantamento e elicitação de requisitos e visão fragmentada do cliente em relação aos processos de negócio da Universidade. Estes problemas evidenciaram a urgência da adoção de um processo de software de maior qualidade, que formalizasse todas as etapas de desenvolvimento, desde a solicitação da demanda até a implantação do sistema e, principalmente, que tornasse os clientes atores mais ativos no processo de desenvolvimento como um todo.

O novo PDS institucionalizado, Figuras 2 e 3, seguiu uma abordagem cascata [Pressman, 2011]. Este modelo foi eleito tendo em vista a inexperiência da equipe em seguir um processo mais complexo. A estratégia adotada foi partir de um modelo simples, consolidá-lo para adquirir experiência e, futuramente, evoluí-lo para uma metodologia ágil. Na Figura 2 pode ser visto que a interação inicial com os clientes se dá a partir do envio de um documento, denominado DOD (Documento de Oficialização da Demanda). Este documento é assinado pelo cliente e descreve todas as suas necessidades, justificativas e nível de alinhamento estratégico da solicitação com o PDTIC (Plano Diretor de Tecnologia da Informação e Comunicação) da UFAC. O uso do DOD permitiu ratificar uma das causas dos problemas do antigo PDS, ou seja, os clientes tinham uma visão fragmentada dos processos organizacionais, e solicitavam sistemas para atender rotinas operacionais do seu setor, sem se preocupar e conhecer o cenário institucional da informação. Esta situação ficava mais evidente quando se iniciava a etapa de levantamento e elicitação de requisitos do software, uma vez que os processos de negócio não eram conhecidos, a solução focava no problema interno do setor (solução setORIZADA). Partindo dessa realidade, os analistas de negócio começaram a aplicar a modelagem de processo de negócio para auxiliar os clientes no entendimento dos seus processos, e desta forma, permitir que os mesmos participassem mais ativamente na elicitação e levantamento de requisitos do software demandando. Outro ponto que a equipe de análise de negócio do NTI conseguiu perceber através do DOD, foi a dificuldade que os clientes possuem em definir suas necessidades em termos de sistemas considerando o ambiente organizacional, ou seja, falta de uma visão sistêmica dos processos de negócio da instituição para conseguir elencar os detalhes da sua solicitação.

2.1 Mapeamento de Processo de Negócio

Segundo o Guia CBOK [Association of Business Process Management Professionals, 2013], a modelagem de processo de negócio é um conjunto de atividades envolvidas na criação de representações de processos de negócio existentes ou propostos. O propósito da modelagem é criar uma representação do processo de maneira completa e precisa sobre o seu funcionamento. O mapeamento dos processos de negócio na UFAC é realizado pela equipe de Análise de Negócio do NTI, juntamente com o cliente, nas primeiras reuniões do projeto de desenvolvimento do software. Contudo antes dessa etapa, o cliente faz uma descrição textual do processo que deseja automatizar. Nesta descrição devem conter os seguintes dados: objetivo do processo, dono do processo, o fluxo de atividades do processo, entrada do processo, saída do processo e situações de exceção. A partir destas informações, os analistas de negócio fazem o mapeamento do processo, gerando um diagrama na notação BPMN, o qual é denominado AS IS. Partindo do modelo AS IS, os analistas de negócio e o cliente realizam a análise dos pontos críticos do processo, considerando fatores como eficiência, pontos de gargalos e atraso no tempo de execução, entre outros. Desta forma, a evolução do modelo AS IS é definida e um novo diagrama é gerado, denominado TO BE. O modelo TO BE representa o processo de negócio do cliente otimizado e que será usado como referência para o levantamento e elicitação de requisitos do software. Desta forma, é possível extrair do contexto de negócio os requisitos do sistema. Durante a elicitação dos requisitos, os analistas de negócio estudam o modelo TO BE para identificar nele possíveis requisitos funcionais, não funcionais e regras de negócio.

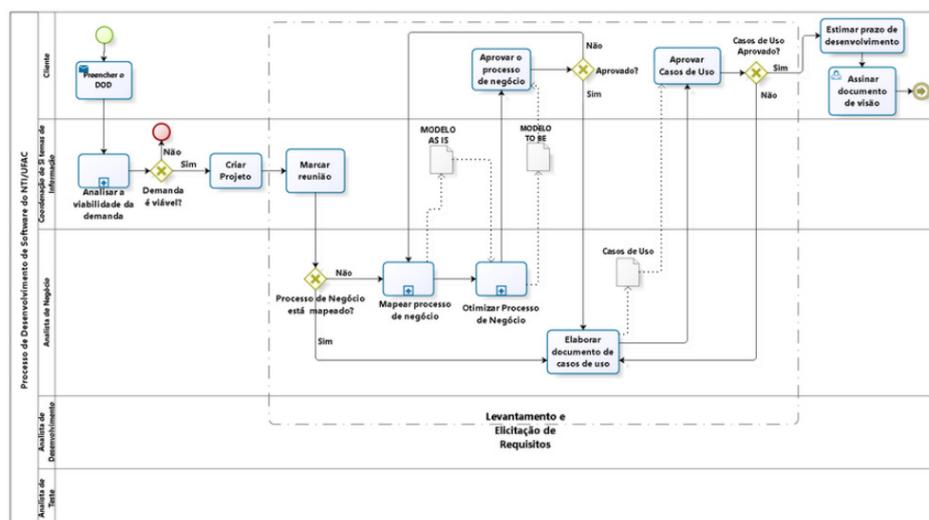


Figura 2. Novo Processo de Desenvolvimento de Software - Parte 1.

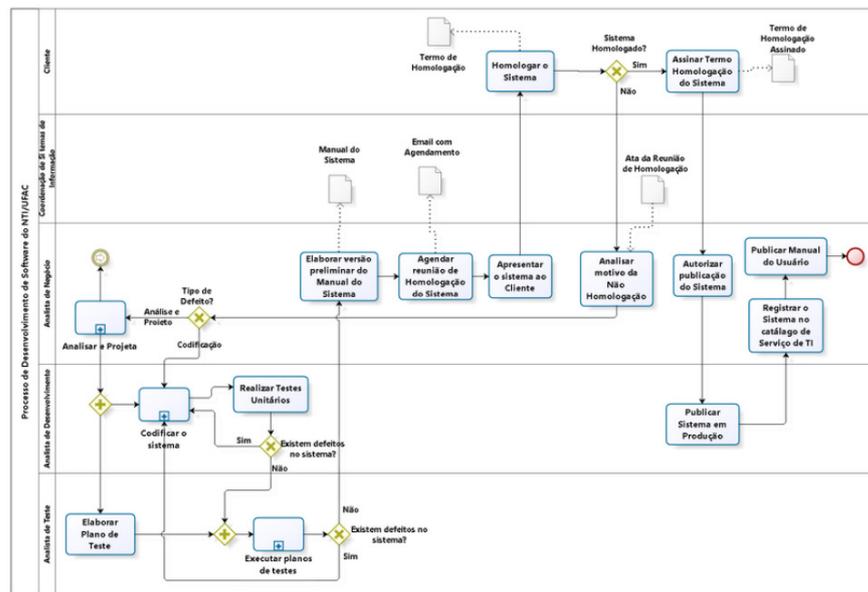


Figura 3. Novo Processo de Desenvolvimento de Software - Parte 2.

Cada atividade do modelo TO BE é avaliada para identificar a possibilidade de automação e quando se confirma que a atividade vai ser executada com o apoio do sistema a ser desenvolvido, ela passa a ser considerada um requisito funcional, e se descreve o caso de uso para defini-la. As regras de negócio e requisitos não funcionais começam a ser elicitados conforme o entendimento do processo de negócio e do futuro sistema são aprofundados. Após a elaboração dos casos de uso, os mesmos são validados pelo cliente, considerando o processo de negócio como referência. Por último, é analisado o fluxo do processo TO BE para verificar se todas as atividades que devem ser realizadas pelo sistema ou com o apoio dele estão previstas nos casos de usos. Com essa prática, os clientes conseguem definir um entendimento do seu processo de negócio e de como ele está inserido no contexto organizacional, além de adquirir conhecimento acerca do software que será produzido e assim participar mais ativamente no PDS.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O MPN tem se mostrado uma ferramenta eficiente no apoio à elicitação e ao levantamento de requisitos, uma vez que tem trazido transparência aos processos de negócio e, conseqüentemente, tem facilitado o entendimento dos requisitos e regras de negócio do software que será desenvolvido. Através do mapeamento, os clientes conseguem obter um entendimento do seu processo para depois indicarem os requisitos do software que irá apoiá-lo. Além disso, a modelagem vem permitindo a consolidação de uma visão sistêmica dos processos da Universidade e um avanço na gestão do conhecimento organizacional. Cabe destacar que os mapeamentos realizados até o momento foram executados pela equipe de análise de negócio do NTI. No entanto, a Universidade vem empenhando esforços para instituir um escritório

de processos. Como um trabalho futuro, a equipe técnica do NTI pretende utilizar os modelos de negócio na etapa de teste funcionais e de implantação dos sistemas.

REFERÊNCIAS

Association of Business Process Management Professionals (2013). BPM CBOK - Guia para Gerenciamento de Processos de Negócio Corpo Comum de Conhecimento - Versão 1. Association of Business Process Management Professionals, primeira edition.

Pressman, Roger S.. (2011). Engenharia de Software – Uma Abordagem Profissional. Amgh, São Paulo, 7ª edição.

CONJUNTO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PROPOSTA PELO PROGRAMA SAVE: *GREEN PARK* (*PARQUE DE DIVERSÃO QUE GERA ENERGIA LIMPA*)

Jiam Pires Frigo

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana – UNILA, ILATIT
Parque Tecnológico Itaipu –PTI. Av. Tancredo
Neves, 6731
CEP 85856-970 – Foz do Iguaçu – Paraná
jiam.frigo@unila.edu.br

Nandra Martins Soares

Faculdade Dinâmica das Cataratas - UDC
R. Castelo Branco, 349
- Centro, Foz do Iguaçu - PR
CEP: 85.852-010 –Foz do Iguaçu- Paraná
nandrasoares@yahoo.com.br

Andreia Cristina Furtado

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana – UNILA, ILATIT
Parque Tecnológico Itaipu –PTI. Av. Tancredo
Neves, 6731.
CEP 85856-970 – Foz do Iguaçu – Paraná
andreia.furtado@unila.edu.br

Oswaldo Hideo Ando Junior

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana – UNILA, ILATIT
Parque Tecnológico Itaipu –PTI. Av. Tancredo
Neves, 6731
CEP 85856-970 – Foz do Iguaçu – Paraná
–oswaldo.junior@unila.edu.br

parcial “PROJETO GREEN PARK (Parque de diversão que gera energia limpa)” vinculado ao Programa SAVE (Sol, Água, Vida e Energia), que consiste em ações temáticas integradoras que visam a produção e desenvolvimento de um conjunto de materiais e experimentos didáticos (baixo custo) para promover a sustentabilidade. O objetivo é apresentar e discutir as características de um projeto que prioriza o desenvolvimento de um parque de diversão que gera energia limpa (Green Park) para ensinar de forma lúdica, interativa e intuitiva a importância dos agentes para promover a sustentabilidade. Como resultado tem-se a construção de materiais e experimentos didáticos com vista a subsidiar o ensino na Educação Básica dos conteúdos de ciências. Ainda tem-se a prática de projetos interdisciplinares a fim de possibilitar a reflexão sobre a importância de prática dessa natureza no processo de formação inicial de professores e de alunos do ensino fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Limpa, Material Didático, Experimentos Didáticos, Projetos Interdisciplinares e Divulgação Científica.

1 | INTRODUÇÃO

O tema ‘geração de energia’ e “Energias Limpas” têm se popularizado a partir de

RESUMO: Este artigo apresenta o resultado

discussões sobre a importância no consumo sustentável e na redução dos impactos ambientais que ocorrem devido as fortes mudanças climáticas que vem intensificando-se nos últimos anos, juntamente com o aumento da demanda de energia elétrica. A busca por fontes alternativas de obtenção de energia é uma preocupação atual e crescente entre a comunidade acadêmica e a sociedade moderna. Como opção para sustentabilidade surge à diversificação da matriz energética, pelo incremento de Fontes de Energia Alternativas e Renováveis. Estudos recentes mostram ser possível gerar energia de formas bem inusitadas, como por exemplo, o caminhar de pessoas, o uso de lodo de rios, de algas e até tecidos. Mas dentre as diversas tecnologias emergentes a Energia Solar ganha destaque pelo baixo impacto ambiental (necessita de apenas ocupação de área) e por ser uma fonte de energia Limpa e Inesgotável.

Nos dias atuais já existe tecnologia suficiente para promover mudança em prol da sustentabilidade energética, mas para que isso ocorra torna-se necessário a intervenção, o compromisso e principalmente conscientização da Sociedade Moderna, ou seja, atitude sustentável.

Além disso, diversos educadores têm refletido e buscado constantemente desenvolver técnicas de ensino que instigue a atenção do aluno, e que proporcione um aprendizado interdisciplinar. A ideia desta Ação é provocar o interesse dos alunos quanto às formas de aproveitamento de energia e sua influência no meio ambiente, por meio de uma diversão que será uma aula interativa, instigante e atual, tendo como base acontecimentos do cotidiano de sua vida escolar e familiar. Nesta aula os alunos perceberão que a Energia está presente em tudo o que fazemos e saberão como aplicar esses conceitos na escola, em suas casas e na vida, promovendo assim uma atitude sustentável na comunidade.

Nos dias atuais a diversão esta muito atrelada a meios eletrônicos, o que colabora para que as crianças não utilizem a criatividade, uma vez que as brincadeiras estão totalmente prontas e de fácil acesso na maioria das vezes. Desse modo, uma infância inativa pode influenciar em vários aspectos: biológicos, sociais e cognitivos. As crianças estão sedentárias e com isso houve um crescimento da obesidade infantil nos últimos anos, motivados pela comodidade que a evolução tecnológica nos fornece. Atualmente as crianças, ocupam o tempo vago com eletrônicos, celulares, *tablet*, vídeo game, computadores, etc. Essa pratica colabora para hábitos de vida menos saudáveis e que conseqüentemente para uma geração com menor expectativa de vida. Essa realidade ainda agrava-se pelo fato das crianças não conviverem com as demais, minimizando a socialização e a interatividade.

Diante desta problemática, o presente programa propõe projetos interdisciplinares ao ensino fundamental, por meio da prática no processo de ensino-aprendizagem, e ainda pretende obter dados seguros para promover melhorias na metodologia aplicada, visando expansão do papel docente, já que os estudantes obtêm uma postura mais autônoma com este tipo de método de ensino condizente com o perfil do estudante contemporâneo. Conseqüentemente resultará no desenvolvimento de ferramentas

didáticas para o uso na consolidação do aprendizado teórico, onde o aluno consegue visualizar de forma real e aplicável os ensinamentos abordados, garantindo assim que o educando fique motivado e sedento pelo saber.

1.1 Objetivos

- Integrar a produção e desenvolvimento de um conjunto de materiais e experimentos didáticos (baixo custo) para ensinar de forma lúdica, interativa e intuitiva a importância da sustentabilidade visando atingir os seguintes objetivos específicos:
- Desenvolver recursos didáticos (Mídias Impressa e Eletrônica) Bilíngues (Português e Espanhol) para auxiliar o Professor da Rede Pública de Educação Básica;
- Desenvolver experimentos didáticos e lúdicos que despertem no Estudante o interesse pela temática;
- Instruir professores para uso dos materiais e equipamentos produzidos, bem como para disseminação do conhecimento sobre Ciência & Tecnologia;
- Estimular a formação do Estudante como agente transformador de opinião e hábitos da Sociedade;
- Instigar a curiosidade e o interesse pela Ciência & Tecnologia na educação básica;
- Divulgar e Publicar em eventos e revistas os resultados do Projeto;

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A tecnologia proporcionou acesso ilimitado e rápido a informação e ao entretenimento, tendo como efeito colateral a dificuldade de manter os educandos atentos ao que se tenta transmitir durante as aulas. Essa questão vem obrigando as instituições de ensino a rever seus métodos, e com isso novas metodologias começam a ganhar força na busca incessante de atrair a atenção dos alunos e motivá-los a manter o foco no aprendizado.

No Brasil existem também estratégias educacionais baseadas na prática de projetos, conhecidos como atividades interdisciplinares, onde os estudantes contam com competências e habilidades adquiridas ao longo da participação em aulas, apoiadas nas disciplinas que compõem os módulos do curso. Os projetos interdisciplinares, além de fazer parte de alguns módulos de cursos de graduação, devem ser utilizados como ferramentas de motivação para a permanência do acadêmico nos diversos cursos, seja ele, licenciatura, bacharelado e principalmente de tecnologia, onde a característica profissional está mais presente nesse tipo de público. Segundo os autores (FAVARÃO & ARAÚJO, 2004) e (ARAÚJO & MANJUR, 2013), a interdisciplinaridade permite que o acadêmico tenha uma visão mais ampla da aplicação das competências adquiridas e conseqüentemente do mercado de trabalho, devido a uma resposta rápida da

realidade profissional, já que as atividades interdisciplinares alinham diretamente a teoria com a prática. Os autores ainda definem que a interdisciplinaridade pode auxiliar na superação da dissociação do conhecimento produzido, além de orientar a produção de uma nova ordem de conhecimento.

Corroborando, tem-se que a realização de atividades práticas vem sendo discutida na área da educação a bastante tempo, devido a apresentação de respostas positivas na eficiência da construção do conhecimento. Já no final do século XIX, o filósofo e pedagogo americano John Dewey e a corrente dos pragmáticos já afirmavam a importância do *learningbydoing*, tanto na educação formal quanto na informal” (DEWEY, 1998). O *learningbydoing*, ou seja, “aprender fazendo”, pode ser considerada uma teoria ou filosofia, a qual determina que o aluno deve estar constantemente desenvolvendo atividades práticas fundamentadas em aulas teóricas.

Por meio desta teoria, aparece o conceito de competências e habilidades, modelo de ensino desenvolvido pelo sociólogo e educador suíço Philippe Perrenoud, onde para o estudante desenvolver competências e habilidades é necessário trabalhar em projetos e problemas práticos, e também em tarefas complexas. Esse modelo educacional pressupõe uma pedagogia de ação e de cooperação, aproximando-se do pensamento socioconstrutivista (PERRENOUD, 2000).

Na prática de projetos evidencia-se uma educação por meio da contextualização, existindo de forma significativa a aproximação com a realidade profissional. Segundo (RONCARELLI, 2012) a contextualização é peça chave para educação com qualidade, já que não se pode aprender assuntos e conteúdos de forma isolada, pois todo conhecimento está inserido em um contexto, com uma visão interdisciplinar e ampla, já que o contexto engloba diversas áreas do saber, com ação, interação e obtenção do conhecimento.

A formação de profissionais de qualidade e com conhecimento consolidado sobre conteúdos específicos e que possuam habilidades e competências associadas ao trabalho colaborativo, discussão de ideias e metacognição, é um desafio atual que deve ser enfrentado pelas instituições de ensino. Neste contexto é necessário que o professor estimule o aluno a ser um agente ativo no processo de ensino-aprendizagem, aulas simplesmente expositivas e teóricas tornam-se um fardo pesado ao estudante (ARAÚJO & MANJUR, 2013).

Na educação internacional, práticas pedagógicas diferenciadas estão sendo adotadas para eliminar a desmotivação pela busca do conhecimento e devem ser destacadas por apresentarem resultados positivos na aprendizagem e nas habilidades cognitivas, são elas:

- PeerInstruction (Instrução pelos Colegas - IpC) vem sendo desenvolvida desde a década de 90, em Harvard (EUA) e está sendo aplicada frequentemente em escolas espalhadas pelo mundo. O IPC promove o questionamento, onde os alunos interagem entre si, buscando respostas (ARAÚJO &

MANJUR, 2013).

- Just in Time Teaching (Ensino sob Medida EsM), esta prática foi criada na universidade de Indiana (EUA), consiste na participação dos alunos na elaboração das aulas, apresentando conceitos relevantes e dúvidas frequentes. Os alunos precisam pesquisar sobre a disciplina anteriormente a aula, fazendo com que busquem informações de forma autônoma (ARAÚJO & MANJUR, 2013).

No sistema de educação atual as práticas citadas anteriormente fundamentam o desenvolvimento de projetos. Na prática de projetos interdisciplinares os dois lados do processo de ensino-aprendizagem, docente e discente são beneficiados. O professor pode usar o projeto interdisciplinar como ferramenta avaliativa, não simplesmente para avaliar o acadêmico, e sim sua prática pedagógica, sendo gratificante para o professor observar o envolvimento e motivação dos alunos durante as etapas de construção da atividade. Por sua vez, os alunos são os principais beneficiados, pois deixam de serem expectadores de conteúdos, para construtores de seu próprio conhecimento, e dessa forma o estudante desenvolve a capacidade de selecionar, organizar, priorizar, analisar e sintetizar (MOTA, 2007).

3 | METODOLOGIA

A metodologia proposta é composta por ações interdisciplinares, onde o aluno desenvolve um projeto utilizando o conhecimento adquirido em vários componentes curriculares.

O projeto piloto será desenvolvido em uma Escola Municipal de Foz do Iguaçu, que gentilmente cedeu o espaço. Os participantes serão selecionados por conveniência dos pesquisadores, porém terá como população alvo, alunos de terceiro a quinto ano do ensino fundamental, devido às atividades da pesquisa exigir certa maturidade cognitiva, conhecimento prévio e habilidades manuais. Os professores também terão papel ativo nas atividades propostas, uma vez que atuarão como orientadores.

3.1 Público-Alvo

Docentes da rede pública de Ensino básico e discentes do ensino fundamental, podendo atender ainda jovens e professores do ensino médio e tecnológico de Foz do Iguaçu, da região Oeste do Paraná e da Tríplice Fronteira (Argentina, Brasil e Paraguai).

3.2 Instituições Envolvidas

O programa em questão nasceu de uma parceria entre as instituições: UNILA, Estação Ciência - FPTI e o Departamento de Educação Especial e Ensino Fundamental

de Foz do Iguaçu- PR da PMFI. Onde a Universidade será responsável pela produção e desenvolvimento dos materiais e experimentos didáticos. Enquanto a Estação Ciência em parceria com o Departamento de Educação Especial por meio de sua ampla infraestrutura e equipe pedagógica, ficarão responsáveis pela disseminação do conhecimento e atendimento aos estudantes.

3.3 Participantes

Membros Internos: O projeto será desenvolvido pelos alunos bolsistas e voluntários da UNILA sob orientação dos professores da IES e dos demais pesquisadores. Os alunos foram selecionados por meio de entrevistas e interesse em participar do programa. Os acadêmicos integram os cursos de graduação em Engenharia Civil, Engenharia de Materiais e Engenharia Química.

Membros Externos: Os pesquisadores da Fundação Parque Tecnológico de Itaipu- FPTI, e do Departamento de Educação da Prefeitura de Foz do Iguaçu. Os profissionais dos órgãos citados possuem formação em turismo, psicologia e pedagogia e atuarão na promoção da interdisciplinaridade entre educação e sustentabilidade.

3.4 Procedimentos

Inicialmente foi realizado contato prévio com o local onde será desenvolvido o projeto piloto do Green Park. Posteriormente iniciaram-se as pesquisas para o desenvolvimento dos brinquedos sustentáveis. Neste momento a equipe do projeto esta trabalhando na criação de gangorras de madeira, as quais serão equipadas com bombas hidráulicas que com o brincar das crianças irão transportar água de uma cisterna ate um reservatório elevado.

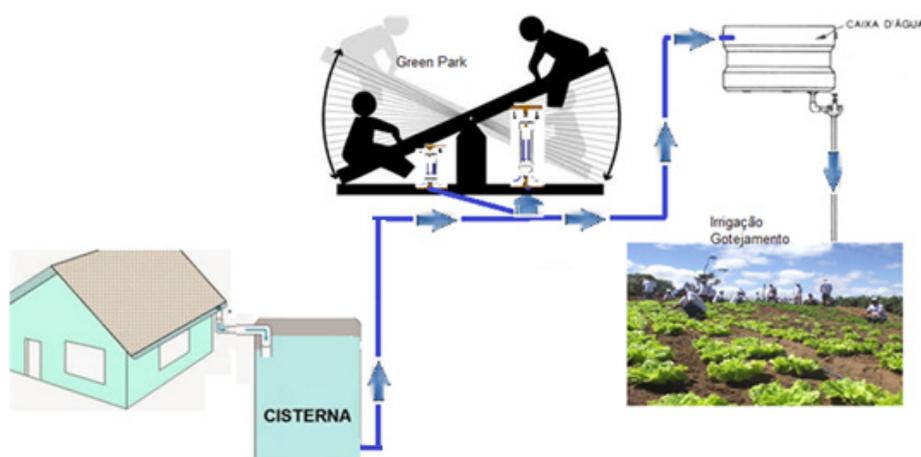
As bombas hidráulicas estão sendo confeccionadas pela equipe do projeto, a partir de pesquisas e experimentos laboratoriais. Visando uma atividade lúdica e interativa, as bombas hidráulicas também estão sendo feitas em proporções menores, como se fossem blocos para encaixe, a fim de proporcionar um entendimento de como será esse “brincar sustentável», antes mesmo de começar a atividade na pratica.

Os professores da rede básica de ensino irão receber um treinamento sobre as ações do projeto, os quais poderão ilustrar por meio dessas atividades o conteúdo curricular já estudado em sala. As crianças irão manusear o protótipo de encaixe da bomba, observando o seu funcionamento sob orientação dos professores.

Para elucidar todas as atividades praticas esta sendo desenvolvidos materiais didáticos, com linguagem e ilustrações apropriadas para o entendimento infantil. Esse material demonstra de forma divertida e lúdica o passo a passo de como montar o protótipo da pequena bomba hidráulica, além de enfatizar a geração de energia limpa e preservação do ambiente onde vivemos.

4 | RESULTADOS ALCANÇADOS E ESPERADOS

O conjunto das ações do presente programa pretende contribuir para o ensino e aprendizado de estudantes do ensino fundamental visando conscientizar e ensinar sobre a importância de se preservar o meio ambiente e de economizar os recursos naturais e energia. Esperando-se que este conhecimento possa ser disseminado pelo aluno no cotidiano de sua família ocasionando uma mudança de hábito de consumo, culminando numa redução de gastos, e uma preocupação com a Sustentabilidade. Destaca-se que a ação do projeto Green Park, posteriormente serão integrados a outros “Projetos Interdisciplinares”, com propósitos sustentáveis, como apresentado na Figura 1.



xFigura 1 – Demonstrativo do Projeto Interdisciplinar proposto.

A gangorra que gera energia potencial (bombeamento de água), a qual irá para o reservatório, e será utilizada para irrigar a horta escolar, cujos alimentos serão utilizados na alimentação das crianças.

Posteriormente, com o fomento de fontes externas pretende-se ampliar a construção de brinquedos, bem como o acesso aos materiais, desenvolvendo e doando kits didáticos as escolas da rede pública de ensino da região da tríplice fronteira.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente ação de popularização da ciência e tecnologia entre os professores e estudantes da educação básica, por meio da integração dos docentes e discentes da UNILA e da Estação Ciência juntamente com a Secretária de Educação da PMFI tem o papel de promotor da comunicação e do intercâmbio de experiências de ensino e pesquisa entre a universidade e a comunidade externa, atuando diretamente no âmbito social, promovendo a inclusão e disseminação de conhecimento, viabilizando e mediando a relação transformadora entre a Universidade e a comunidade da Região

Tríplice Fronteira. Neste contexto, os brinquedos de um Parque de Diversão torna-se um valioso instrumento educativo, além de proporcionar o lazer e a integração entre as crianças, promovendo bons hábitos para uma infância ativa e saudável.

Do ponto de vista acadêmico com a inserção de práticas de projetos interdisciplinares os dois lados do processo de ensino-aprendizagem (docente e discente) são beneficiados. O docente pode usar o projeto interdisciplinar como ferramenta avaliativa, não simplesmente para avaliar o discente, e sim sua prática pedagógica, sendo gratificante para o professor observar o envolvimento e motivação dos alunos durante as etapas de construção.

Por fim, destaca-se que o presente artigo trata-se de um resultado parcial do “Programa SAVE (Sol, Água, Vida e Energia) pois ECONomizar também é coisa de Criança” que visa por meio da integração de docentes e discentes promover o desenvolvimento de ferramentas didáticas e treinamento a Estudantes e Professores da Rede Pública de Educação da Região da Tríplice Fronteira (Argentina, Brasil e Paraguai).

AGRADECIMENTOS

A Estação Ciência da Fundação Parque Tecnológico de Itaipu e toda sua equipe, o nosso agradecimento por acreditar no Programa SAVE.

AUTORIZAÇÕES & RECONHECIMENTO

Os autores agradecem à Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) e ao Comitê Científico do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) pela autorização da publicação deste artigo publicado inicialmente nos Anais do COBENGE 2016 como parte integrante do Livro intitulado “Engenharias, Ciência e Tecnologia”.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino Sob Medida: Uma Proposta para o Engajamento dos Alunos no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física. Cad. Bras. Ens. Fís., v.30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013.

BRANDT, Paulo Roberto. Geração de energia para o desenvolvimento regional no médio vale do Itajaí. In: Desenvolvimento e meio ambiente em Santa Catarina: a questão ambiental em escala local/regional, Joinville: Ed. UNIVILLE, 2006. p.[119]-125.

CARVALHO, A.M.P; VANNUCCHI, A.I.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; Rey, R.C. Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico, Editora Scipione, São Paulo, 1998.

DEWEY, J. Experience and Education.Indianapolis: Kappa, 1998.

FAVARÃO, N. R. L.; ARAÚJO. C. S. A. Importância da Interdisciplinaridade no Ensino Superior. EDUCERE. Umuarama, v.4, n.2, p.103-115, jul./dez., 2004.

MOTA, A. C. Projeto Pedagógico publicado na edição nº 373, Jornal Mundo Jovem, fevereiro de 2007, página 7.

PERRENOUD, P. A Arte de Construir Competências. Revista Nova Escola. São Paulo: Abril Cultural, set. 2000.

RONCARELLI, Dóris. ÁGORA: concepção e organização de uma taxionomia para análise e avaliação de Objetos Digitais de Ensino- Aprendizagem. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – Brasil, 2012.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R.G. Mechanical Engineering Design.7.ed. Nova York: The McGraw-Hill Companies, 2008.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA SERVIDORES DO PCCTAE

Daniel Ferreira de Oliveira

Taiana Barbosa Pereira

Marcio Alexandre Silva Ferreira

Marcelo Duarte da Silva

Tarcila Gesteira da Silva

Julliany Sales Brandão

Enoch Cezar Pimentel Lins da Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca
(CEFET-RJ) – Maracanã – Rio de Janeiro/RJ

RESUMO: Este artigo apresenta o Sistema de Avaliação de Desempenho Online (SAD) que foi desenvolvido com o objetivo de implementar as ações de avaliação de desempenho de servidores técnico-administrativos do CEFET/RJ. Após ampla atividade de levantamento de requisitos, todo o processo foi modelado e a base de dados diagramada. Após isso, foi desenvolvido o sistema em ambiente WEB para uma melhor integração entre os campi da instituição que estão espalhados no estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos com a utilização do sistema foram bastante satisfatórios e proporcionou uma alta porcentagem de avaliações feitas dentro do prazo. Além disso, customizações, alterações e novas funcionalidades solicitadas ao longo do

processo de desenvolvimento foram facilmente realizadas.

1 | INTRODUÇÃO

A implantação de sistemas de avaliação funcional em Instituições Federais de Ensino (IFES) é orientada pela Lei nº 11.091, de 12/01/2005, que dispõe sobre a estruturação do Plano de Carreira dos Cargos Técnico-Administrativos em Educação (PCCTAE), no âmbito das Instituições Federais de Ensino vinculados ao Ministério da Educação. Na referida Lei e no Decreto nº 5824/06, a avaliação de desempenho é vista como um processo pedagógico, realizado mediante critérios objetivos decorrentes das metas institucionais, referenciada no caráter coletivo do trabalho e nas expectativas dos usuários [2]. Em relação a questão da regulamentação, fica evidente no que pese as regulamentações apresentadas na Lei 11.091/05 e no Decreto Lei 5.825/06, que não existe um modelo padrão de regulamentação interna da avaliação de desempenho dentro das IFES. Cada instituição estabeleceu as suas e nem todas cumprem o objetivo de promover o desenvolvimento institucional, subsidiando a definição de diretrizes para políticas de gestão de pessoas e garantindo a melhoria da qualidade

dos serviços prestados a comunidade, preconizado nas referidas legislações.

O presente artigo objetiva apresentar o desenvolvimento de ferramenta WEB com o propósito de implementar as ações de avaliação de desempenho de servidores técnico-administrativos do Centro Federal de Educação Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), denominada Sistema de Avaliação de Desempenho Online (SAD), instituída como um dos componentes do PCCTAE recomendado na Lei 11.090/05. Para isso, O CEFET/RJ aprovou o Regulamento do SAD através Resolução nº 15/2011/CODIR, com as regras alteradas posteriormente com a Resolução n22/2016/CODIR já com as implementações da ferramenta WEB.

Ante o desenvolvimento desta ferramenta, os processos de avaliação eram executados de maneira manual que, de fato, acarretavam em um trabalho muito maior para a gestão das informações pelo Departamento de Gestão de Pessoas. Como agravante, consiste o fato em que o CEFET/RJ possui mais sete campi espalhados estrategicamente no Estado do Rio de Janeiro. Logo, um ganho preliminar com a ferramenta e a facilidade de integração com estes campi.

O projeto de desenvolvimento do SAD foi feito em parceria com a Divisão de Capacitação e Desenvolvimento (DICAP) onde foram mapeados os processos de trabalho. Posteriormente, o mapeamento dos processos do projeto foi realizado utilizando a notação BPMN e para o desenvolvimento do sistema foram utilizados a linguagem de programação PHP e o banco de dados MySQL.

O presente trabalho está organizado como segue. Na seção 2 é apresentado o SAD com suas respectivas regras. A seção 3 versa a respeito do desenvolvimento do sistema. Já na Seção 4 são realizadas as análises dos resultados e, por fim, as conclusões são apresentadas na última seção.

2 | SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (SAD)

O SAD visa o registro das avaliações dos servidores técnico-administrativos a cada 12 (doze) meses. O sistema não registra apenas avaliações de servidores estáveis mas também de servidores em estágio probatório, com regras específicas para cada caso.

Para os servidores em estágio probatório os indicadores de avaliação envolvidos são fixos e referem-se a assiduidade, disciplina, iniciativa, produtividade e responsabilidade. Conforme descrito no Adendo I do regulamento do SAD, o processo de avaliação de servidores em estágio probatório é composto por quatro etapas. A 1ª etapa consiste na avaliação após os 12 primeiros meses a contar da data de admissão, a 2ª etapa é realizada com 24 meses, a 3ª com 32 meses e a 4ª consiste em definir a nota final com base na média das três avaliações. Será considerado estável ao final do processo o servidor que obtiver nota maior ou igual a 7 (sete).

Já para os servidores estáveis, a avaliação possui dois instrumentos específicos:

a Avaliação de Desempenho Funcional (ADF) e a Avaliação de Desempenho Gerencial (ADG). Os dois instrumentos apresentam quatro fatores fixos e seis variáveis dentre 24 (vinte e quatro) disponíveis, que são definidos pela chefia imediata antes do início do período de avaliação. A avaliação deverá ser realizada pelo chefe imediato do servidor, pelo próprio servidor (auto avaliação) e por seus pares (colegas de trabalho). A diferença dos instrumentos consiste em que o ADG destina-se a avaliar servidor estável detentor de função de chefia e o ADF para servidores sem chefia.

Por fim, tem-se os instrumentos relativos a avaliação da Equipe. O Formulário de Avaliação das Condições de Trabalho e Desempenho da Equipe (ADE) que é definido pelo Art. 11 do regulamento do SAD:

“... apresenta indicadores referentes a análise da equipe quanto as condições institucionais e ambientais que afetam as atividades da unidade organizacional de lotação...”

3 | DESENVOLVIMENTO DO SAD

O SAD teve cinco etapas de projeto de desenvolvimento. O levantamento de regras/requisitos, o mapeamento do processo, a diagramação do projeto, o desenvolvimento e testes. No presente artigo, vamos elencar as três principais etapas nas subseções que seguem.

3.1 Mapeamento das Atividades do Processo

Para realizar o mapeamento das atividades desenvolvidas no processo de avaliação de desempenho foi utilizada a notação BPMN[1] que é uma linguagem muito utilizada comercialmente devido a fácil leitura e entendimento por todos os envolvidos no projeto. Nesta notação é possível a realização de simulação, utilizando ferramentas específicas, para identificação de gargalos no processo mapeado e uma melhor avaliação de melhorias. O modelo do SAD mapeado através da referida notação, utilizando o software Bizagi Process Modeler [3] e apresentado na Figura 1.

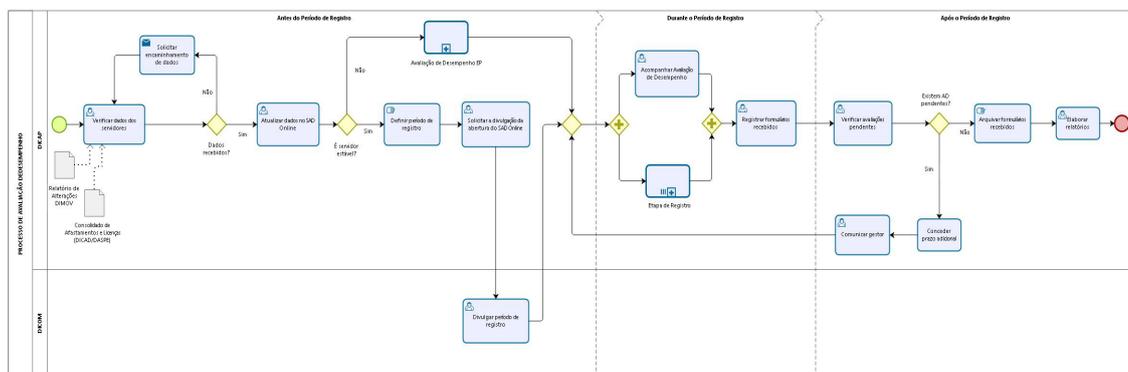


Figura 1: A modelagem do processo

Na Figura 1, o processo inicia com a verificação se o servidor a ser avaliado é estável ou está em estágio probatório. No caso do estável, antes de iniciar a avaliação de desempenho do período, deve-se definir os dez fatores de avaliação para o próximo período de avaliação. Os próximos passos são: a avaliação da chefia com base nos dez fatores definidos na avaliação anterior (se estável) ou com base nos cinco fatores definidos pela Lei 8112/90 para servidores em estágio probatório; auto avaliação (servidor estável ou em estágio probatório) e a avaliação dos pares (apenas para os servidores estáveis). Depois de feita as avaliações, elas são registradas no SAD. Após o registro, a avaliação é impressa para assinatura entre as partes e com posterior encaminhamento ao Departamento de Recursos Humanos para registro e arquivamento.

3.2 Base de Dados e Linguagem

A base de dados do SAD foi desenvolvida em MySQL [4] e a implementação das funcionalidades na linguagem de programação PHP 5.6. Na Figura 2 é mostrada o modelo de entidade e relacionamento estendido (EER) entre as tabelas.

As tabelas com maiores relacionamentos: funcionário e fator funcionário. Estas são as tabelas principais do sistema onde são alocadas as informações do funcionário e as notas de cada ciclo de avaliação do mesmo. E, prezando por uma maior consistência dos dados, possuem de três a quatro chaves candidatas.

3.3 Interface do Sistema

Conforme descrito na seção anterior, o SAD teve o desenvolvimento em base de dados MySQL e a programação em PHP. Mas por ser um sistema que precisa ser acessado tanto no CEFET/RJ quanto os campi que compõem a rede, teve seu desenvolvimento pautado em plataforma web com códigos em HTML e CSS bem

compactos, de modo a ter o máximo de desempenho possível.

Na Figura 3 segue um modelo de lançamento de notas para um determinado servidor estável. A tela em questão possibilita o lançamento da nota dada pela chefia imediata, pela auto avaliação do servidor e pela nota de seus pares. A nota dos pares consiste na nota pelos servidores que trabalham no mesmo setor do avaliado.

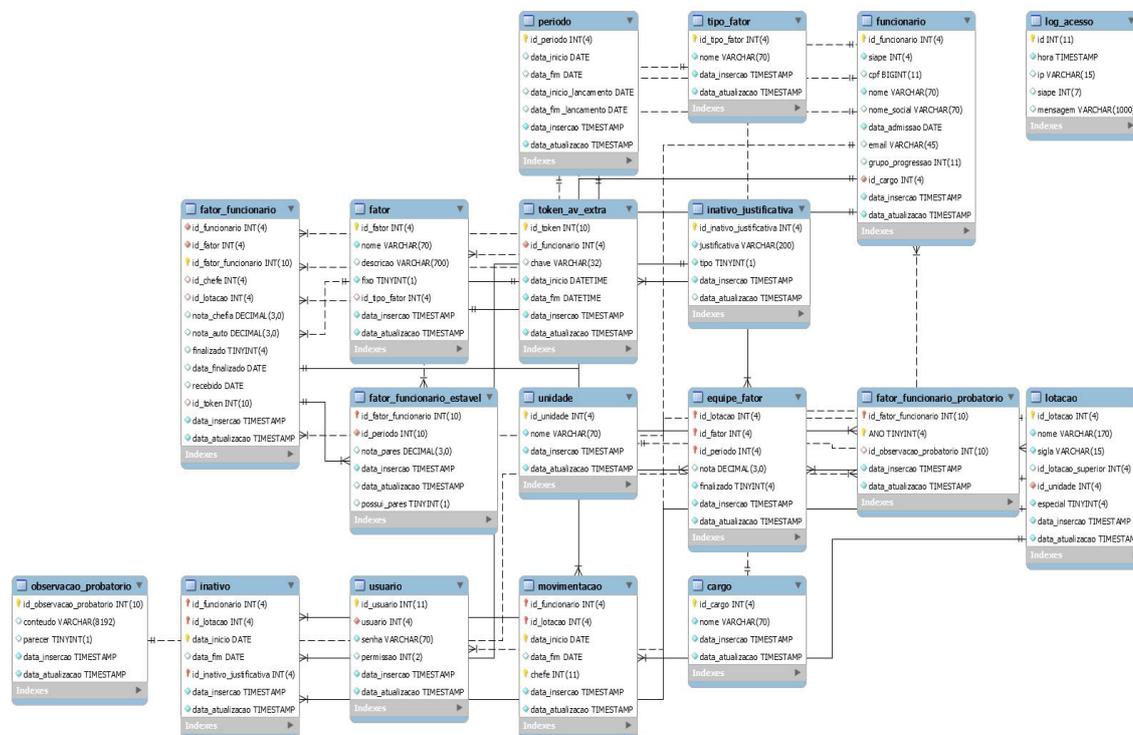


Figura 2: O modelo EER

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para avaliação de servidores em estágio probatório, o sistema é programado para disponibilizar o acesso dentro do mês em que o servidor completa os requisitos para avaliação. Como são poucos servidores em estágio probatório, fazer uma avaliação do sistema para estes casos não traria uma métrica consistente. De modo que, para uma melhor avaliação do desempenho do sistema frente a grandes quantidades de acesso se dá com a época de avaliação de servidores estáveis, onde todas as avaliações são registradas no mesmo período.

Avaliação de Desempenho Individual Nível Funcional (ADF)

- Preencha o formulário, atribuindo graus de 0 (zero) a 10 (dez) para cada fator, de acordo com o quadro abaixo;
- Use apenas valores inteiros, digitando-os na devida coluna;
- Além dos 4 (quatro) fatores fixos, o servidor deverá ser avaliado segundo 6 (seis) fatores variáveis, previamente estabelecidos no início do período;
- Serão atribuídas 3 (três) notas (chefe, autoavaliação e pares) para cada fator;
- Caso o servidor não possua par, serão lançadas apenas as notas do chefe e a autoavaliação;
- Todas as notas, inclusive a auto-avaliação deverão ser digitadas pelo próprio chefe;
- A nota final do avaliado será a média aritmética dos valores atribuídos pela chefia imediata;
- Após finalizar o lançamento das notas, realize a impressão da versão final que deverá ser assinada, anexada ao processo e encaminhada ao DRH/DICAP.

Conceito	Insuficiente	Regular	Bom	Ótimo
Faixa de grau	0, 1, 2 ou 3	4, 5 ou 6	7 ou 8	9 ou 10

Nome:

Fatores Avaliação	Nota Chefia	Auto-Avaliação ①	Nota Pares ①
Comprometimento e Orientação para Resultados ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Conhecimento Técnico ou do Trabalho ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Desenvolvimento Pessoal e Qualificação Profissional ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Qualidade do Trabalho e Produtividade ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentração ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cooperação ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Determinação e Energia no Trabalho ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Motivação ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Planejamento e Organização ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Relacionamento Pessoal ①	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 3: Formulário de lançamento de notas

Ao final de cada ciclo anual de avaliação de servidores estáveis, o sistema é liberado no prazo definido pelo Departamento de Recursos Humanos para o lançamento das notas das avaliações. Regularmente, o mês de outubro é o escolhido para o registro.

Na Tabela 1, são apresentadas as estatísticas de avaliações realizadas dentro do prazo fixado para registro no sistema. Pode-se notar a evolução das avaliações realizadas dentro do prazo estabelecido para os anos de 2015, 2016 e 2017.

Ciclo	Período de lançamento	Dentro do prazo
2014-2015	01/10/2015 a 05/12/2015	76%
2015-2016	01/10/2016 a 30/11/2016	79%
2016-2017	01/10/2017 a 25/11/2017	86%

Tabela 1: Estatística de avaliações registradas dentro do prazo

Ao longo do tempo, manutenções tiveram que ser feitas para ajustar algumas particularidades da vida funcional de servidores. Outras regras foram implementadas devido a mudanças na legislação. Todas implementadas e testadas com sucesso.

O sistema se mostrou bastante versátil sem quebrar regras importantes e bem definidas. O mesmo pode se adaptar a quaisquer instituições que possuam servidores vinculados ao PCCTAE. Outra qualidade verificada é a sua interface bem amigável e leve, tanto para registro quanto para administração dos dados.

5 | CONCLUSÃO

Este artigo mostrou o desafio da Instituição na construção de um sistema consistente para registro de notas de avaliação de desempenho de servidores públicos. A Lei 11.090/05 que trata da criação do Plano de Cargos e Carreiras dos Técnicos Administrativos em Educação (PCCTAE), propõe a avaliação de desempenho como critério para progressão funcional.

No mapeamento de requisitos foi feita toda a modelagem do processo utilizando notação BPMN e UML. Como o sistema demandava ser leve e de fácil acesso, foi desenvolvido em HTML, PHP e MySQL.

De modo que foi demonstrada a evolução da avaliação antes feita de maneira manual e com muitos atrasos devido à falta de uma ferramenta ágil, até o desenvolvimento do SAD, que se consolidou como um sistema simples e confiável para registro e gestão de dados de avaliação de desempenho que ocorre anualmente.

REFERÊNCIAS

[1] **AB MySQL.** Mysql, 2001.

[2] **Bizagi Process Modeler.** Version 1.6. 1.0, 2012. bpmn software, 2011.

[3] Michele Chinosi and Alberto Trombetta. **Bpmn: An introduction to the standard.** *Computer Standards & Interfaces*, 34(1):124{134, 2012.

[4] Loiva Isabel Marques Sanches, Katiúscia Schiemer Vargas, Gilnei Moura, and Andressa Silva. **Avaliação de desempenho no serviço público: Um estudo em uma universidade federal.** 9:1, 01 2015.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Pisum sativum* L. SOB INFLUÊNCIA DE ARMAZENAMENTO

Alexandre Alves da Silva

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Adriano Henrique Silva

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Thaís Franco Pires de Lemos

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Beatriz Moreira Zanatta

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Caroline Luiza Benedito

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

João Pedro Bufalari da Cunha

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Paulo Frezato Neto

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Vinícius Bechelli Valadão de Araujo

Universidade Estadual do Norte do

Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Ruan Carlos da Silveira Marchi

Universidade Estadual Paulista – Fazenda
Experimental Lageado S/A
Botucatu - SP

Maria Aparecida da Fonseca Sorace

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Conceição Aparecida Cossa

Universidade Estadual do Norte
do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

RESUMO: A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma hortaliça que apresenta alto valor nutritivo, com alternativas diversas de uso na alimentação. O sucesso do armazenamento é resultado do conhecimento sobre o comportamento das sementes. A germinação baseia-se no desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando sua capacidade de originar uma planta normal, em ambiente favorável. A avaliação da germinação das sementes é efetuada pelo teste de germinação, conduzido em laboratório em condições controladas utilizando métodos padronizados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e a viabilidade de sementes

de ervilha armazenadas em condições ambiente. O experimento foi conduzido no laboratório de Botânica Aplicada da Universidade Estadual do Norte do Paraná - *Campus* Luiz Meneghel em Bandeirantes – PR. Foi utilizado um lote de sementes de ervilha armazenada em condições ambiente em embalagem de polietileno por aproximadamente um ano, com 89% de germinação inicial. Foram acondicionadas 320 sementes entre areia em caixas do tipo gerbox, para avaliação de primeira contagem de emergência (PCE), realizada no quinto dia após semeadura e porcentagem final de emergência (E%), no oitavo dia após semeadura, seguindo recomendações das Regras para Análise de Sementes. A germinação mínima para a comercialização de sementes de ervilha é de 70%, porém no teste realizado obteve-se uma porcentagem de 29,06%, apresentando germinação muito inferior à recomendada. Os resultados demonstraram redução no vigor das sementes de ervilha, podendo ser atribuído às condições de armazenamento.

PALAVRAS-CHAVE: Ervilha, polietileno, vigor.

ABSTRACT: The pea (*Pisum sativum* L.) is a vegetable that presents high nutritional value, with different alternatives of use in the diet. The success of storage is a result of knowledge about seed behavior. Germination is based on the development of the essential structures of the embryo, manifesting its ability to originate a normal plant in a favorable environment. The evaluation of the germination of the seeds is carried out by the germination test, conducted in the laboratory under controlled conditions using standardized methods. The objective of this work was to evaluate the germination and viability of pea seeds stored under ambient conditions. The experiment was conducted at the Applied Botany laboratory of the State University of North Paraná - Luiz Meneghel Campus in Bandeirantes - PR. A batch of pea seeds stored under ambient conditions was used in polyethylene packaging for approximately one year, with 89% initial germination. The seeds were stored in gerbox boxes for evaluation of the first emergency count (PCE), on the fifth day after sowing and final percentage of emergence (E%), on the eighth day after sowing. Seed Analysis. The germination minimum for the commercialization of pea seeds is 70%, but in the test performed a percentage of 29.06%, presenting germination much lower than the recommended one. The results showed a reduction in the vigor of the pea seeds, which can be attributed to the storage conditions.

KEYWORDS: Pea, polyethylene, vigor.

1 | INTRODUÇÃO

A ervilha é uma hortaliça que apresenta alto valor nutritivo, com alternativas diversas de uso na alimentação. As cultivares utilizadas para produção de ervilha seca possuem sementes redondas e lisas, onde reidratando-as podem ser destinadas para o consumo imediato ou enlatadas. Dos grãos secos pode ser obtida a farinha de ervilha, que podem ser encaminhadas para fabricação de sopas instantâneas e na

panificação (Pereira, 1989; Giordano, 1997). De cultivo anual, é uma leguminosa de origem imprecisa (EMBRAPA, 1993).

Os botânicos consideram germinação como a retomada do crescimento do embrião, por ser um fenômeno biológico, e o conseqüente rompimento da radícula. Porém, para os tecnologistas de sementes, a germinação baseia-se na emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, manifestando sua capacidade de originar uma planta normal, em ambiente favorável (IPEF, 1998).

O conhecimento sobre o comportamento das sementes durante o processo de armazenamento resulta no sucesso desse processo, possibilitando a utilização em condições adequadas para a manutenção da viabilidade (HONG e ELLIS, 1996).

A avaliação da germinação das sementes é efetuada pelo teste de germinação, conduzido em laboratório em condições controladas utilizando métodos padronizados visando, principalmente, a avaliação do valor das sementes para a semeadura e comparar a qualidade de diferentes lotes, tendo como base para a comercialização das sementes (MARCOS FILHO et al., 1987; NOVEMBRE, 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e a viabilidade de sementes de ervilha pós-armazenamento em condições ambiente, por um ano.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Botânica Aplicada da Universidade Estadual do Norte do Paraná - *Campus* Luiz Meneghel em Bandeirantes – PR.

Foi utilizado um lote de sementes de ervilha armazenada em condições ambiente em embalagem de polietileno por aproximadamente um ano, com germinação inicial de 89%. Deste lote, 320 sementes foram acondicionadas entre areia previamente esterilizadas (Brasil, 2009), em caixas do tipo gerbox, totalizando 16 repetições com 20 sementes cada.

As variáveis avaliadas foram: primeira contagem de emergência (PCE), realizada no 5 dia após semeadura e porcentagem final de emergência (%E), realizado no oitavo dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra a baixa porcentagem de germinação obtida, correspondendo a 29,06%, sendo esta, inferior a germinação mínima recomendada para a comercialização de sementes que é de ervilha 70% (BRASIL, 2013).

A qualidade fisiológica das sementes é melhor quando mantida em ambiente com controle de umidade relativa do ar e temperatura (FIGUEIRÊDO et al., 1982; GOMES, 1992).

Porcentagem final de emergência (%E)	Teor de umidade da semente (%)
29,06	9,98

Tabela 1: porcentagem final de emergência e teor de umidade de sementes de *P. sativum* L.

Observa-se também teor de umidade de 9,98% (tabela 1), que segundo Harrington (1972), está acima do recomendado, onde o limite recomendado corresponde a 7% para armazenamento de sementes de ervilha e este pode ser um dos fatores que explica a queda na porcentagem de germinação.

Segundo Almeida et al. (1997), o alto teor de umidade nas sementes, em conjunto com altas temperaturas, acelera os processos naturais de degeneração dos sistemas biológicos. Sendo assim, as sementes perdem seu vigor rapidamente e conseqüentemente sua capacidade de germinação.

Almeida (1981), estudando o efeito da temperatura e da umidade do ar sobre a germinação, vigor e teor de umidade em sementes de algodão armazenadas, observou que a germinação e o vigor diminuem de acordo com o tempo de armazenamento.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram redução no vigor das sementes de ervilha, podendo ser atribuído às condições de armazenamento.

REFERÊNCIAS

Almeida, F. de A.C. **Efeitos da temperatura e umidade relativa do ar sobre a germinação, vigor e teor de umidade de sementes armazenadas de algodão**. Areia: UFPB, 1981. 65p. Dissertação Mestrado

Almeida, F. de A.C.; Hara, T.; Cavalcanti Mata, M.E.R.M. **Armazenamento de sementes nas propriedades rurais**. Campina Grande: UFPB. 1997. 291p

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**. Dispõe sobre os padrões para a produção e a comercialização de sementes. Diário Oficial da União, 2013.

Figueirêdo, F.J.C.; Frazão, D.A.C.; Oliveira, R.P. de; Carvalho, J.E.U. de. **Conservação de sementes de caupi**. Belém: EMBRAPA-CPATU. 23p. 1982. Circular Técnica, 31

GIORDANO, L. de B. et al. **As culturas da ervilha e da lentilha**. Coleção plantar, 1993.

GIORDANO, Leonardo de Britto. 1997. **Cultivo da ervilha**. Brasília: EMBRAPA - CNPH. 19p. (Instruções Técnicas 1).

Gomes, J.P. **Comportamento da germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo em**

diferentes tipos de embalagens, tratamentos e condições de conservação durante a sua armazenagem. Campina Grande: UFPB, 1992. 89p. Dissertação Mestrado

HARRINGTON, J.F. **Seed storage and longevity.** In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) Seed Biology. New York: Academic Press, 1972. v.3 p.145-245

HONG, T. D.; ELLIS, Roger H. **A protocol to determine seed storage behaviour.** Bioversity International, 1996.

IPEF. **Informativo sementes IPEF** – Abril/98. 1999. 2 p.

MARCOS FILHO, Julio; CÍCERO, Silvio Moure; SILVA, WR da. **Avaliação da qualidade das sementes.** Piracicaba: Fealq, 1987.

NOVEMBRE, ADLC. **Estudo da metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) deslindadas mecanicamente. 1994. 133 p.** Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura” Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.[Links].

PEREIRA, Antônio da Silva. 1989. **Ervilha: uma fonte de nutrientes.** Informe Agropecuário 14: 52-54.

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Lactuca sativa* L. APÓS PRAZO DE VALIDADE

Thaís Franco Pires de Lemos

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Alexandre Alves da Silva

Universidade Estadual do Norte do Paraná –
Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Adriano Henrique Silva

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Beatriz Moreira Zanatta

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Caroline Luiza Benedito

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

João Pedro Bufalari da Cunha

Universidade Estadual do Norte do Paraná –
Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Paulo Frezato Neto

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Vinícius Bechelli Valadão de Araujo

Universidade Estadual do Norte do
Paraná – Campus Luiz Meneghel

Bandeirantes – PR

Ruan Carlos da Silveira Marchi

Universidade Estadual Paulista – Fazenda
Experimental Lageado S/A
Botucatu - SP

Maria Aparecida da Fonseca Sorace

Universidade Estadual do Norte do Paraná –
Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

Conceição Aparecida Cossa

Universidade Estadual do Norte do Paraná –
Campus Luiz Meneghel
Bandeirantes – PR

RESUMO: A alface é muito consumida no mundo e de importância econômica no Brasil, estando em primeiro lugar entre as folhosas mais aceitas pelo mercado consumidor. Na produção agrícola a germinação das sementes é um passo fundamental, pois dela depende o estabelecimento da cultura. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Rafaela Americana, disponíveis para comercialização em revendas no município de Bandeirantes/PR com prazo de validade vencido, para confirmação da viabilidade e porcentagem de germinação. O experimento foi conduzido no laboratório de Botânica Aplicada da UENP *Campus* Luiz Meneghel em

Bandeirantes/PR e os testes de germinação e vigor foram realizados com sementes adquiridas em 2017 no comércio local, com data de vencimento em 2016. Os testes de germinação e primeira contagem de germinação foram realizados simultaneamente, com avaliações no quarto e sétimo dia após semeadura. O teste de viabilidade foi realizado para confirmação dos dados obtidos na porcentagem final de germinação. A porcentagem de germinação das sementes de alface indicada na embalagem era de 94% considerando-se o prazo de validade, porém os resultados obtidos em laboratório, relativos ao teste de germinação foram de 0%, provavelmente em decorrência do prazo de validade. O teste de tetrazólio para confirmação da viabilidade indicou que as sementes estavam inviáveis. A porcentagem de germinação obtida para sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Rafaela Americana, com prazo de validade vencido, não confirmou a constante no rótulo, portanto não devem ser disponibilizadas para comercialização, por serem inviáveis.

PALAVRAS-CHAVE: alface, tetrazólio, viabilidade.

ABSTRACT: Lettuce is very consumed in the world and of economic importance in Brazil, being in first place among the hardwoods most accepted by the consumer market. In agricultural production the germination of the seeds is a fundamental step, because of it depends the establishment of the culture. The objective of this work was to evaluate the germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) cv. Rafaela Americana, available for sale in the municipality of Bandeirantes/PR with expiration date, to confirm viability and percentage of germination. The experiment was developed in the Laboratory of Applied Botany of the UENP Campus Luiz Meneghel in Bandeirantes/PR and the germination and vigor tests were made with seeds purchased in 2017 in the local commerce, due to expire in 2016. The tests of germination and first count of germination has ocurred simultaneously, with evaluations on the fourth and seventh day after sowing. The viability test was performed to confirm the data obtained in the final percentage of germination. The germination percentage of the lettuce seeds indicated in the package was 94% considering the shelf life, but the results obtained in the laboratory, related to the germination test were 0%, probably because of shelf life. The tetrazolium test for confirmation of viability indicated that the seeds were not viable. The percentage of germination obtained for lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) cv. Rafaela Americana, with expired validity, has not confirmed the constant on the label, therefore they should not be available for commercialization, as they are not viable.

KEYWORDS: lettuce, tetrazolium, viability.

1 | INTRODUÇÃO

A alface é muito consumida no mundo e possui vasta importância econômica no Brasil, estando em primeiro lugar entre as folhosas mais aceitas pelo mercado consumidor. Encontra-se entre as dez hortaliças mais apreciadas para consumo “*in natura*”.

Nos últimos anos, a produção de sementes de hortaliças no Brasil teve uma demanda crescente por materiais de melhor qualidade, em consequência do aprimoramento dos sistemas de produção comercial (LOPES; MACEDO, 2008). Na produção agrícola a germinação das sementes é um ciclo fundamental, pois o estabelecimento da cultura depende dela. Durante a vida de uma planta, as fases iniciais do desenvolvimento são consideradas cruciais, uma vez que, entre a germinação da semente e o estabelecimento da plântula, ocorrem as maiores taxas de mortalidade (HARPER, 1977). Além disso, o vigor da plântula é um fator crítico quando a competição por luz, nutrientes, ar e água começa a se tornar mais acentuada (BISWAS et al., 2000).

Sementes de alto potencial fisiológico são essenciais para que ocorra germinação rápida e uniforme (MARCOS FILHO, 1999), devido à sua influência no desempenho inicial das plantas. Neste contexto, sementes de alto vigor se constituem em elemento básico e fundamental (MENDONÇA et al., 2003). Pois podem proporcionar a obtenção de uma boa emergência no campo e de plantas vigorosas e uniformes, que refletem na produtividade.

A utilização de testes rápidos para avaliar a qualidade das sementes é importante, principalmente, para agilizar decisões quanto ao manejo de lotes durante as etapas de pós-colheita das sementes. Os testes que demandam períodos de tempo curto fundamentam-se nos eventos iniciais da deterioração, baseando-se na integridade das membranas celulares e na redução das atividades enzimáticas e respiratórias das sementes, como o teste de tetrazólio (DELOUCHE e BASKIN, 1973).

Esse teste tem se mostrado como uma alternativa interessante pela qualidade e rapidez na determinação da viabilidade e do vigor da semente, permitindo obter resultados, de modo geral, em menos de 24 horas (DELOUCHE et al., 1976; FRANÇA NETO et al., 1988; COSTA e MARCOS FILHO, 1994). Para facilitar a penetração da solução de tetrazólio o pré-condicionamento das sementes (umedecimento) e o corte são necessários para algumas espécies (BRASIL, 2009). Nesta etapa, o período de tempo e a temperatura empregada para o pré-condicionamento são fatores importantes. Na indústria de sementes de hortaliças, este teste ainda não tem uso generalizado, principalmente pela carência de informações sobre a metodologia mais adequada para as diferentes espécies. Sendo assim, importante o aprofundamento em estudos nesta área, especialmente nas metodologias que mais se adequam a cada tipo de hortaliça.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Rafaela Americana, disponíveis para comercialização em revendas no município de Bandeirantes/PR com prazo de validade vencido, para confirmação da viabilidade e porcentagem de germinação.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Botânica Aplicada da Universidade Estadual do Norte do Paraná-*Campus* Luiz Meneghel em Bandeirantes/PR.

Os testes de germinação e vigor foram realizados com sementes de alface compradas em 2017 no comércio local, porém com data de vencimento no ano de 2016. O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes distribuídas em caixas plásticas do tipo gerbox, sobre uma folha de papel filtro umedecida com água destilada e a primeira contagem de germinação (PCG) foi realizada simultaneamente conforme é recomendado pelas regras para análise de sementes (RAS), do Ministério da Agricultura, sendo este teste avaliado no quarto (PCG) e sétimo dia após a semeadura.

O teste de viabilidade seguiu as recomendações das RAS para confirmação dos dados obtidos para porcentagem final de germinação. O procedimento adotado consistiu na separação de duas amostras contendo 50 sementes cada onde estas sofreram um corte longitudinal através de 1/4 do lado distal da extremidade dos aquênios, colocando-os em imersão em água por 18h a 20°C. Posteriormente a este prazo, o embrião foi exposto pressionando-se cuidadosamente o tegumento e colocando na solução de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio com concentração de 1% durante 3 horas. Para a classificação das sementes de acordo com as classes de coloração em viáveis e inviáveis, a visualização dos embriões foi realizada com o auxílio de estereoscópio.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A porcentagem de germinação das sementes de alface indicada na embalagem era de 94% considerando-se o prazo de validade, porém os resultados obtidos em laboratório, relativos ao teste de germinação e PCG foram de 0%, provavelmente em decorrência do prazo de validade (tabela 1).

Germinação(%)	Indicado no rótulo	Após prazo de validade
Lote 1	94	0

Tabela 1: Resultados comparativos de germinação

A capacidade de conservação das sementes de uma espécie ou cultivar depende dos fatores que definem a qualidade inicial das sementes e das condições ambientais de armazenagem (CARVALHO & NAKAGAWA, 1998). Desta forma, pode-se entender que as condições de armazenamento no estabelecimento comercial onde foram adquiridas estas sementes podem ter interferido em sua qualidade fisiológica,

concordando com Anderson et al. (2016), que avaliando a germinação de sementes de olerícolas comercializadas constataram que as condições de armazenamento e a validade do produto foram decisivas para a expressão no percentual de germinação.

O teste de tetrazólio apresentou informações que confirmaram a inviabilidade das sementes, não apresentando coloração após o processo de imersão na solução.

O teste de tetrazólio baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases, particularmente a desidrogenase do ácido málico, que reduz o sal 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio nos tecidos vivos da semente, onde íons de hidrogênio são transferidos para o referido sal (DELOUCHE et al., 1976). Quando a semente é imersa na solução de tetrazólio, esta se difunde através dos tecidos ocorrendo, nas células vivas, a reação de redução, resultando na formação de um composto vermelho, não difusível, conhecido como trifenilformazan, indicando haver atividade respiratória nas mitocôndrias e, conseqüentemente, que o tecido é viável, ou seja, vivo.

Tecidos mortos (não viáveis) não reagem com a solução conservando sua cor natural (DELOUCHE et al., 1976; FRANÇA NETO et al., 1999). Diversos fatores podem interferir na obtenção de resultados satisfatórios no teste de tetrazólio, principalmente aqueles relacionados à metodologia de execução como, por exemplo, o preparo das sementes antes da coloração.

4 | CONCLUSÕES

A porcentagem de germinação obtida para sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Rafaela Americana, com prazo de validade vencido, não confirmou a constante no rótulo, portanto não devem ser disponibilizadas para comercialização, por serem inviáveis.

REFERÊNCIAS

BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; GOMES, J.M.; BARROS, D.I. **Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.22, n.2, p.171-175, 2000.

BISWAS, J.C. et al. **Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice**. Agronomy Journal, Madison, v.92, n.5, p.880-886, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p

COSTA, N.P.; MARCOS FILHO, J. **O emprego do teste de tetrazólio na avaliação da qualidade da semente de soja**. Informativo ABRATES, Londrina, v. 4, n. 2, p.53-62, 1994.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, N.C. **Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots**. Seed Science and Technology, Zürich, v.1, p. 427-452, 1973.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 103p.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 8, p. 8.5-1 - 8.5.26.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. London: Academic, 1977. 892p.

LOPES, J. C.; MACÊDO, C. M. P. **Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.

MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor: importância e utilização**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-21.

MENDONÇA, E.A.F., RAMOS, N.P., FESSEL, S.A. **Adequação da metodologia do teste de deterioração controlada para sementes de brócolis (Brassica oleracea L. - var. Itália)**. Revista Brasileira de Sementes, v.25, n.1, p.18-24, 2003.

OLIVEIRA, A. et al. **Avaliação da germinação de sementes de olerícolas comercializadas em estabelecimentos da cidade de Helena de Goiás, GO**. Jornada Acadêmica da UEG campus Santa Helena de Goiás, v. 5, n. 1, 2016.

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA NO GRÃO-DE-BICO

Daniela Oliveira Silva

Universidade Estadual de Maringá – UEM

E-mail: daniagrouem@hotmail.com

Mauren Sorace

Naielen de Lara Lopes

Débora Del Moura Soares

Bruna Lana Campanenute Soares

Ruan Carlos da Silveira Marchi

Ana Beatryz Prenzier Suzuki

Universidade estadual de Londrina – UEL;

RESUMO: Estudos sobre adubação fosfatada na cultura de grão-de-bico, indicam que há incremento sobre a produtividade de grãos com ao aumento nas doses de P. Dessa forma, objetivou-se avaliar parâmetros de crescimento de parte aérea e raízes de grão-de-bico e verificar alterações no P disponível no solo. O trabalho foi conduzido na Universidade Estadual de Maringá, campus de Umuarama. O delineamento experimental foi o DBC, com quatro repetições, em colunas de PVC com solo. Foram fornecidas as doses de 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 240 kg ha⁻¹ e 480 kg ha⁻¹ de P, utilizando termofosfato magnésiano. Aos 70 DAE, foram coletadas as plantas e obtidos os dados e submetidos a ANOVA. Verificou-se que o P-disponível no solo aumentou de forma linear e significativa com o

aumento da dose de P. Da mesma forma, os parâmetros de crescimento, com exceção do diâmetro de caule, também foram influenciados significativamente. A dose média de P, de 363,3 kg ha⁻¹, demonstrou ter a máxima performance sobre os parâmetros avaliados. São necessários estudos para avaliar se a dose encontrada neste trabalho, também propiciará maior rendimento de grãos, sendo importante avaliar inclusive, a viabilidade econômica dessa dose.

Palavras-chave: *Cicer arietinum*, fósforo disponível, termofosfato.

GROWTH PARAMETERS UNDER PHOSPHATE FODDER IN THE CHICKPEA

ABSTRACT: Studies on phosphorus fertilization in the chickpea crop indicate that there is an increase in grain yield with an increase in P rates. Thus, the objective was to evaluate the parameters of shoot growth and grain-of- And check for changes in available soil P. The work was conducted at the State University of Maringá, Umuarama campus. The experimental design was the DBC, with four replications, in PVC columns with soil. The doses of 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 240 kg ha⁻¹ and 480 kg ha⁻¹ P were administered using magnesium thermophosphate. At 70 DAE, the plants were collected and the data were obtained and submitted to ANOVA. It was found that the P-available in the soil increased linearly and significantly with the increase of the dose

of P. Likewise, the growth parameters, with the exception of the stem diameter, were also significantly influenced. The mean dose of P, of 363.3 kg ha⁻¹, showed maximum performance over the parameters evaluated. Studies are needed to evaluate whether the dose found in this study will also lead to a higher grain yield, and it is important to evaluate the economic viability of this dose.

KEYWORDS: *Cicer arietinum*, available phosphorus, thermophosphate.

INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) se destaca por ser uma das leguminosas mais consumidas no mundo, a área global de cultivo desta cultura, no ano de 2014, foi de 13,9 milhões de hectares, atingindo uma produção de 13,7 milhões de toneladas e uma produtividade de 982 kg ha⁻¹ (Fao, 2017). No Brasil, a produção de grão-de-bico tem sido insuficiente para atender o mercado interno, acarretando quantidades crescentes na importação, especialmente do México e da Argentina (Artiaga et al., 2015).

Apesar de ser uma cultura de clima frio, o grão-de-bico apresenta adaptação ao clima de regiões tropicais (Hoskem, 2014). Para Gaur et al. (2012), a cultura melhora as condições de fertilidade do solo por meio da fixação do nitrogênio atmosférico (N₂), aumentando o nitrogênio residual e adicionando matéria orgânica ao solo. Apesar do grão-de-bico apresentar certa rusticidade, a presença de acidez e deficiência de nutrientes no solo provoca perdas no rendimento da cultura (Mula et al., 2011; Singh et al., 2015).

O fósforo (P) é um dos principais nutrientes para o cultivo do grão-de-bico, sendo um elemento essencial para sustentar a produtividade, pois estimula o desenvolvimento das raízes, o crescimento das folhas, a floração, o rendimento de grãos e acelera a maturação fisiológica (Madzivhandila et al., 2012; Dotaniya et al., 2014). A maioria dos solos brasileiros, cujo processo de intemperização é elevado, apresenta baixo teor de P disponível, em virtude da baixa solubilidade dos compostos de P e das transformações desse elemento em formas não-lábeis, o que limita a fertilidade desses solos (Rolim Neto et al., 2004). Devido a presença de acidez, os fosfatos adicionados ao solo via adubação podem fazer ligações químicas com o alumínio, o que implica na indisponibilidade desse nutriente (Karlin, 2016). Como medida para contornar estes problemas e melhorar o suprimento de P às plantas, têm-se proposto a adubação com fertilizantes fosfatados enriquecidos com sílcio (Si), elemento nutriente que concorre pelos mesmos sítios de troca do fosfato em reações no solo (Pozza et al., 2007; Tavakkoli et al., 2011).

Os principais fertilizantes empregados no Brasil como fonte de P, são os fosfatos totalmente acidulados (superfosfato simples e superfosfato triplo), os fosfatos de amônio (monoamônio fosfato – MAP e diamônio fosfato – DAP), os termofosfatos (termofosfato magnesiano) e os fosfatos naturais importados (fosfatos de Arad, Gafsa,

Carolina do Norte, etc.) e nacionais (fosfatos de Araxá, Patos de Minas, etc.) (Resende e Furtini Neto, 2007).

Estudos sobre a adubação fosfatada no grão-de-bico foram realizados por Badini et al. (2015), que constataram que esta cultura apresenta maior rendimento quando ocorre um aumento nas doses de fósforo, sendo a dose máxima avaliada de 55 kg ha⁻¹ de P₂O₅ obtendo a produtividade média de 1.691 kg ha⁻¹.

Memon et al. (2016), ao realizar estudos de adubação fosfatada na cultura do grão-de-bico, concluíram que há um aumento de 19% na produtividade desta cultura com o aumento de doses de P. Estes resultados demonstram a importância em se ampliar os estudos a respeito da exigência de P pela cultura do grão-de-bico, uma vez que o nutriente na dose adequada pode maximizar a produtividade.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros de crescimento de parte aérea e raízes de grão-de-bico e verificar alterações no P disponível no solo, a partir da adubação fosfatada com doses crescentes de termofosfato magnesiano.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Universidade Estadual de Maringá (UEM), *campus* Regional de Umuarama (CAU), adotando como base experimental um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), cujos atributos químicos e físicos (camada 0-20 cm) estão expressos na Tabela 1.

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K ⁺	V	m	SB	CTC	Argila
CaCl ₂		Cmol _c .dm ⁻³		mg.dm ⁻³			%	Cmol _c .dm ⁻³		g.Kg ⁻¹
5,09	0,0	1,25	0,5	6,5	39,1	42,2	0,0	1,85	4,39	117,5

Tabela 1 – Caracterização química e física da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico típico (Lvd tip), originário da área experimental do Campus Regional de Umuarama (CAU/UEM).

Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ – Extrator KCl 1 mol.L⁻¹; P e K⁺ – Mehlich 1; V – Saturação por bases; m – Saturação por alumínio; SB – Soma de bases; CTC – Capacidade de troca catiônica.

Para compor as unidades experimentais, utilizou-se tubos de PVC de 20 cm de diâmetro e 20 cm altura (volume de 6,28 dm³) preenchidos com o solo seco e peneirado.

A correção do solo, foi realizada a partir da interpretação da análise do solo, aplicando-se a dose correspondente a 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico previamente incorporado, visando elevar a saturação por bases (V%) a 70%, baseado no Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016).

A adubação com nitrogênio e potássio foi efetuada utilizando a dose de 100 kg ha⁻¹ de N e 88 kg ha⁻¹ de K₂O, por ocasião da semeadura, objetivando atender as exigências nutricionais da cultura, para um potencial produtivo de 2.500 kg ha⁻¹ de

grãos, segundo Fontanetto (2011).

As doses de P_2O_5 foram as seguintes: testemunha (0 kg ha^{-1}), 30 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} , 120 kg ha^{-1} , 240 kg ha^{-1} e 480 kg ha^{-1} , depositadas 4 cm abaixo da profundidade de semeadura. Como fonte de fosfato (P_2O_5) empregou-se o termofosfato magnésiano (16% de fósforo (P), 17% de cálcio (Ca), 6,5% de magnésio (Mg), 6% de enxofre (S), e 9% de silício (Si). O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições.

A semeadura do grão-de-bico foi realizada na última semana do mês de março, numa profundidade de 3 cm, logo após a deposição do fertilizante fosfatado. Visando o fornecimento de nitrogênio (N), aplicou-se ureia parcelada em duas doses, aos 15 e 30 dias após a semeadura ($44 \text{ kg ha}^{-1} + 44 \text{ kg ha}^{-1}$ de N).

Aos 70 dias após a emergência (DAE), foram avaliados à campo os parâmetros altura de planta e diâmetro de caule (em cm.planta^{-1}), com uso de trena e paquímetro digital. Posteriormente fez-se a coleta de uma amostra representativa de solo, na camada de 0-20 cm, para análise do teor de P disponível. Removeu-se as plantas inteiras das colunas de solo, com o uso de água para lavagem da parte radicular. Em seguida, as plantas foram separadas em parte aérea e raiz e acondicionadas em embalagens de papel kraft identificadas com os tratamentos e repetições. Foram realizadas as avaliações de massa fresca da parte aérea e da raiz, utilizando-se de balança analítica.

Após, as raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e submetidas ao congelamento. Utilizando-se um alíquota de 2 g de raízes de cada repetição, foram obtidos os valores de comprimento e de raio médio radicular, a partir de imagens das raízes, processadas no software SAFIRA[®], (Jorge e Silva, 2010).

Também foram obtidos os dados de massa seca da parte aérea e da raiz, após a secagem em estufa a 65 °C por 48 horas até obtenção de massa constante.

O teor de P disponível foi determinado segundo o Manual de métodos e análises químicas para avaliação da fertilidade do solo (Embrapa, 1997).

Todos os dados coletados foram submetidos à análise de variância ($F \leq 0,05$) e as médias avaliadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), adotando-se o software estatístico ASSISTAT 7.7 pt (Silva, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo avaliado apresentava um teor de P de $6,5 \text{ mg.dm}^{-3}$, considerado muito baixo segundo o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). A partir da análise estatística dos parâmetros avaliados, encontrou-se a dose média de P, de $363,3 \text{ kg ha}^{-1}$, que demonstrou ter a máxima performance sobre os parâmetros avaliados, conforme a Tabela 2. A resposta a essa dose, ocorreu por meio da elevação dos teores de P disponível do solo (Figura 1), passando do nível muito baixo para médio, após decorridos 75 dias da aplicação

do termofosfato magnesiano (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 2 – Máxima performance de plantas do grão de bico submetido a adubação com doses fósforo em Latossolo Vermelho distrófico típico

Atributo da planta	Doses de P ₂ O ₅ em kg ha ⁻¹
Altura de plantas	381,2
Massa fresca de parte aérea	451,5
Massa seca de parte aérea	303,7
Comprimento radicular	376,8
Raio radicular	333,3
Massa fresca de raiz	333,5
Massa seca de raiz	363,3
Média	363,3

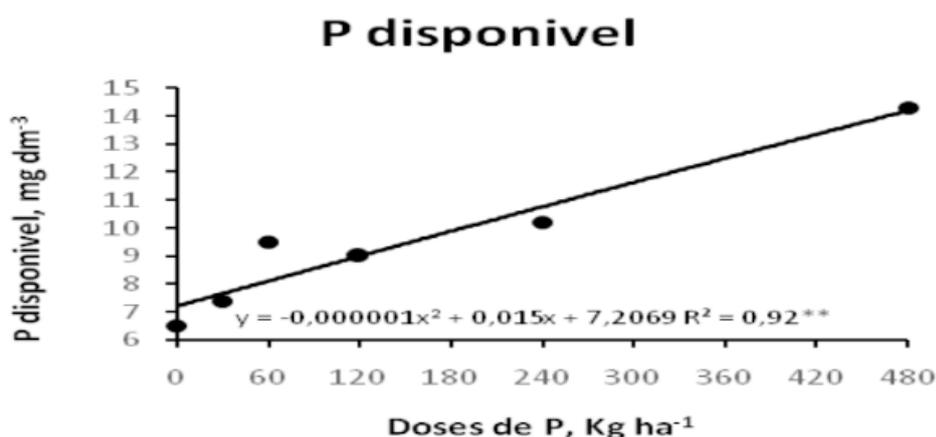


Figura 1 – Teor de fósforo disponível em um Latossolo Vermelho distrófico típico submetido a doses de termofosfato magnesiano. **ajuste significativo a 5% de probabilidade.

Com o incremento nas doses de fósforo, verificou-se que o P-disponível no solo aumentou de forma linear e significativa. Este fato indica que os sítios de adsorção de P possivelmente foram saturados, resultando em valores acima do encontrado inicialmente no solo.

Para os parâmetros de parte aérea como massa seca, massa fresca, e altura houveram respostas na aplicação de fósforo na planta de grão-de-bico, onde apresentaram comportamento crescente ao aumento das doses de P no solo, conforme a Figura 2.

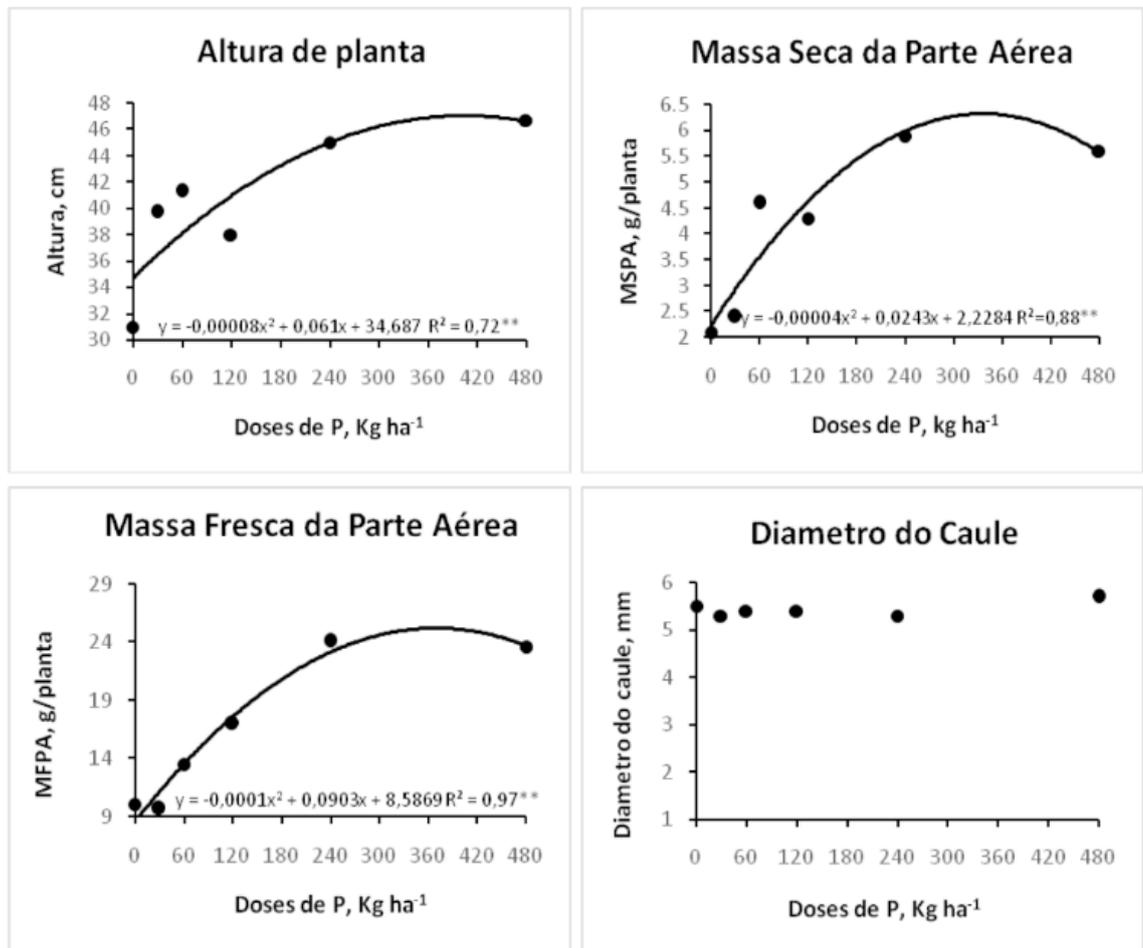


Figura 2 – Altura de plantas, diâmetro do caule, massa fresca e massa seca de parte aérea de plantas de grão-de-bico, submetidas a doses de termofosfato magnésiano. ** ajuste significativo a 5% de probabilidade.

Souza et al. (2017) em estudos sobre doses de fósforos em leguminosas demonstram que a aplicação de P é viável até a dose de 300 kg ha⁻¹. Corrêa et al. (2004) confirmam esses dados ao apresentarem resultados semelhantes trabalhando sobre o efeito de doses de fósforo na cultura da soja onde obtiveram um aumento linear de matéria seca com o aumento na aplicação de fósforo.

Firmino et al. (2015) estudando a altura de pinhão manso sob adubação fosfatada, descreveram aumentos no crescimento com aplicação de doses de P e máxima altura da parte aérea com a adição de 252 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

O parâmetro diâmetro de caule não apresentou diferença significativa com a aplicação de doses de fósforo no grão-de-bico. Souza e Chave (2016) estudando adubação fosfatada e potássica na cultura do crambe, também não obtiveram resultados significativos no diâmetro de caule sob aplicação de fósforo na planta. Resultados diferentes foram encontrados por Almeida Junior et al. (2009), que trabalhando com doses de fósforo na cultura da mamoneira observaram efeito significativo no diâmetro de caule desta cultura com a aplicação crescente de fósforo. A matéria fresca e seca de raízes, o raio médio e o comprimento radicular são conjuntamente os

parâmetros de crescimento das raízes, estes parâmetros responderam de forma similar ao aumento na dose de P, demonstrados na Figura 3.

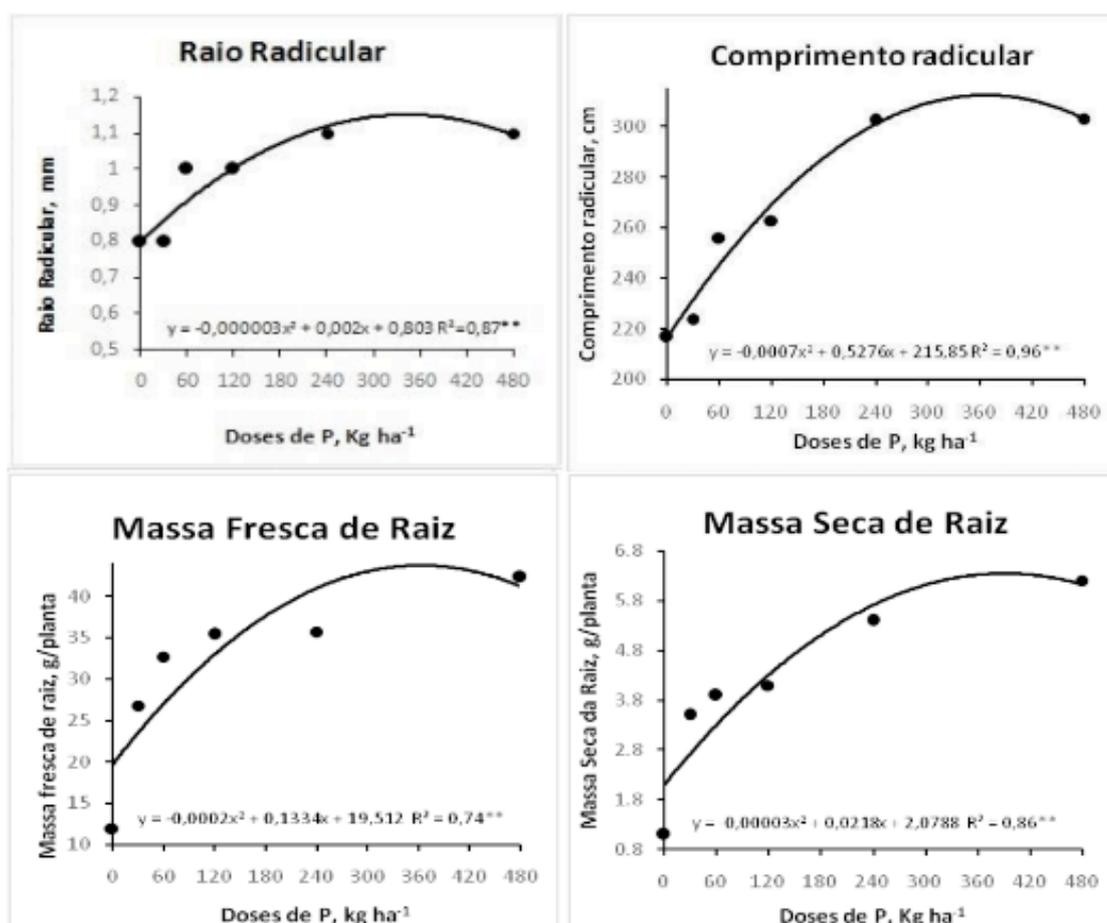


Figura 3 – Raio radicular, comprimento radicular, massa fresca e seca da raiz de plantas de grão-de-bico, submetidas a dose de termofosfato magnesiano. ** ajuste significativo a 5% de probabilidade.

Estes resultados são corroborados por Crusciol et al. (2005) que observaram que a matéria seca de raiz corresponde linearmente as adubações fosfatadas.

Correa et al. (2004) aplicando doses de fósforo na soja, obtiveram como resultado que o aumento de doses de fósforo aumenta teores de massa seca de raiz na cultura da soja.

Nunes et al. (2014) trabalhando com diferentes doses de fósforo, apresentaram resultados que evidenciam que doses de até 522 kg ha⁻¹ de P₂O₅ favorecem o maior desenvolvimento das raízes de culturas.

Fageria (1998) trabalhando com a eficiência de fósforo na cultura do feijão analisou parâmetros de raiz, apresentando como resultado que o comprimento de raiz aumenta quando esta cultura é adubada adequadamente com fósforo.

Rosolem e Marcello (1998), estudando o crescimento radicular na soja sob doses de fósforo, observaram que o raio radicular aumentava quando a planta era adubada com fósforo, porém, diferente do presente trabalho, o comprimento radicular diminuía

conforme o aumento de P.

Em relação ao P disponível, observou-se que os parâmetros altura de plantas, massa fresca e seca de parte aérea foram significativamente influenciados com o gradativo aumento no valor de P disponível no solo, provocado pela adubação de doses crescentes do termofosfato magnesiano, conforme pode ser observado na Figura 4.

Estes resultados são corroborados em estudos realizados por Machado (2008), que avaliou na cultura da mamona e nos atributos do solo, os efeitos da adubação fosfatada, constatando que o teor de P disponível no solo aumenta com a dose do nutriente utilizada por ocasião da adubação.

A variação entre os tratamentos, observada em alguns parâmetros como a altura de plantas, massa fresca e seca de parte aérea, pode ser devido ao fato de que os efeitos das adubações fosfatadas sobre o grão-de-bico podem ser mais acentuados em solos de baixa fertilidade natural, como é caso do solo estudado no presente trabalho, pois, conforme Malavolta et al. (2002), o suprimento de doses ajustadas de fósforo estimula o desenvolvimento das raízes e tem reflexos sobre a floração e frutificação.

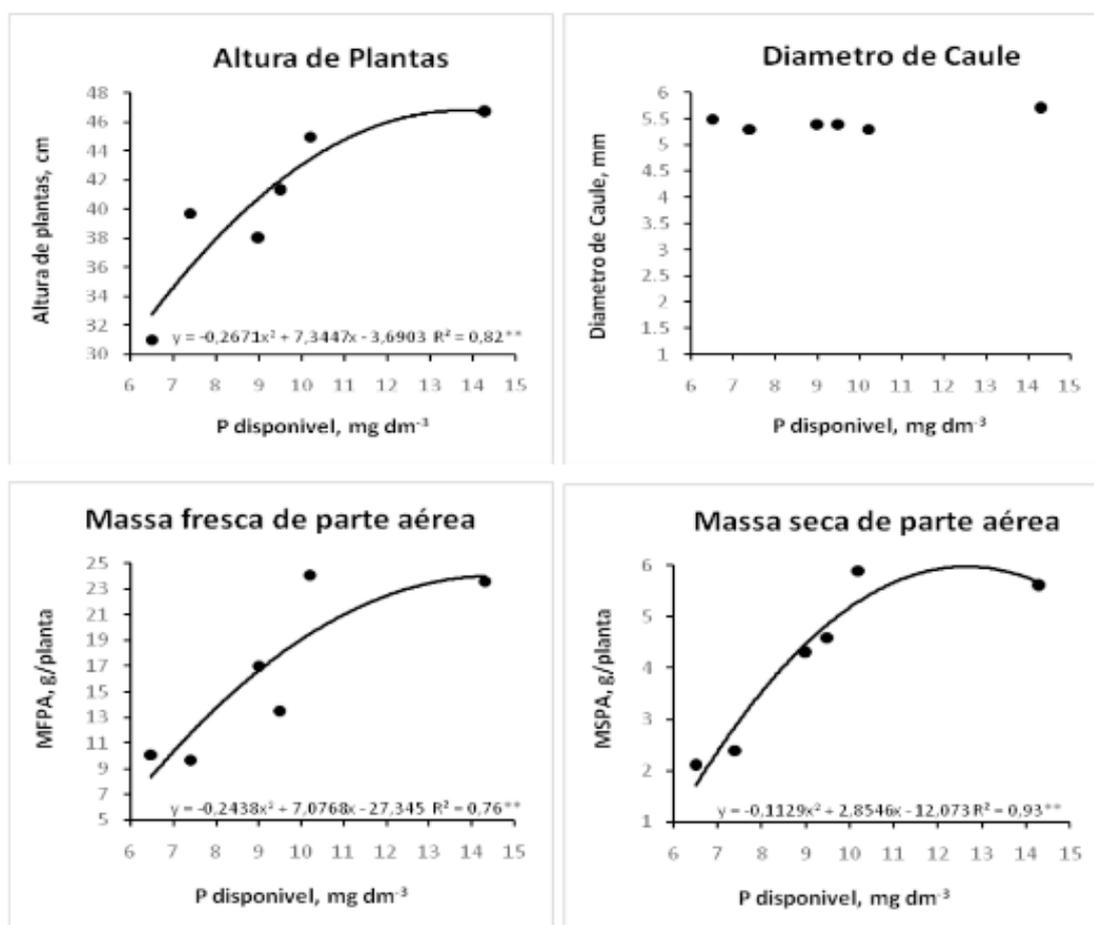


Figura 4 – Altura de planta, diâmetro do caule, massa fresca e seca da parte aérea de plantas de grão-de-bico, de acordo com o teor de fósforo (P) disponível no solo. ** ajuste significativo a 5% de probabilidade.

Conforme incremento na quantidade de P disponível, de acordo com a Figura 5, os parâmetros, raio e comprimento radicular, massa fresca e seca de raiz, aumentaram linearmente em função da quantidade de P disponível no solo. De acordo com Silva e Delatorre (2009), a disponibilidade de nutrientes no solo é responsável por grandes modificações na arquitetura do sistema radicular das plantas, e está diretamente relacionada à mobilidade dos nutrientes no solo, bem como a disponibilidade de P. Pelo fato de que o P está envolvido em processos essenciais para as plantas, tais como a respiração, fotossíntese e regulação protéica (Marschener, 1995), espera-se que a sua disponibilidade influencie o crescimento e desenvolvimento da planta, pelo qual os parâmetros de raiz estão relacionados.

A aplicação com doses crescentes de P afetou o desenvolvimento radicular, que pode implicar conseqüentemente em maior absorção de nutrientes em geral, o que é benéfico para a cultura (Yahiya et al., 1995; Patel et al., 2014).

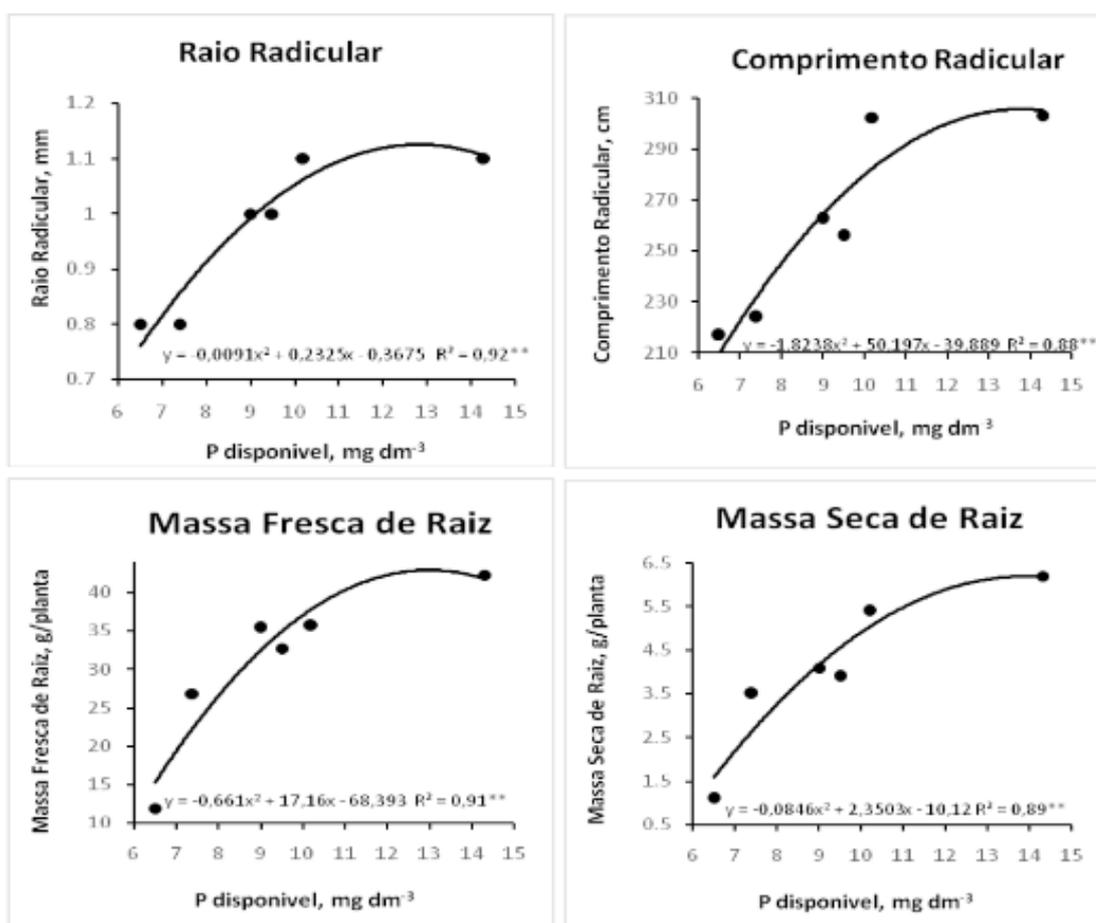


Figura 5 – Raio radicular, comprimento radicular, massa fresca e seca de raiz de plantas de grão-de-bico, de acordo com o teor de fósforo (P) disponível no solo. ** ajuste significativo a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A adubação fosfatada na cultura de grão-de-bico demonstrou ter influência

positiva sobre os parâmetros avaliados, indicando que 363,3 kg ha⁻¹ de P é a dose de máxima performance para o crescimento desta cultura, no solo estudado.

São necessários estudos para avaliar se a dose encontrada neste trabalho, também propiciará maior rendimento de grãos, sendo importante avaliar inclusive, a viabilidade econômica dessa dose.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**. Mossoró, v.22, n.1, 2009.
- ARTIAGA, O. P.; SPEHAR, C. R.; BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Agrária**. Recife, v.10, p.102-109, 2015.
- BADINI, S. A.; KHAN, M.; BALOCH, S. U.; BALOCH, S. K.; BALOCH, H. N.; BASHIR, W.; BADINI, A. R.; BADINI, M. A. Effect of phosphorus levels on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. **Journal of Natural Sciences Research**. Madison, v.5, p.169-176, 2015.
- BONFIM-SILVA, E. M.; FRIGO, G. R.; BEZERRA, M. D. L.; SANTOS, C. S. A.; SOUZA, H. H. F.; SILVA, T. J. A. Adubação fosfatada em rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**. Patos de Minas, v.6, p.1-11, 2015.
- CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.
- CQFS-RS/SC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, E. V.; TIRITAN, C. S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**. Campinas, v.64, n.4, p.643-649, 2005.
- DOTANIYA, M. L.; PINGOLIYA, K. K.; LATA, M.; REGAR, K. L.; DEEWAN, P.; DOTANIYA, C. K. Role of phosphorus in chickpea (*Cicer arietinum* L.) production. **African Journal of Agricultural Research**. Ebène, v.9, p.3736-3743, 2014.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 212p., 1997.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Brasília: Embrapa. 2013. 353p.
- FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.2, n.2, p.128-131, 1998.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES. **Faostat**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx>. Acesso em: 09 mar. 2017.
- FIRMINO, M. C.; FARIAS, M. S. S.; MEDEIROS, S. S.; GUERRA, H. O. C.; GUIMARÃES, J. P. Altura e diâmetro do pinhão manso sob adubação fosfatada e uso de água residual. **Agropecuária**

Científica no Semiárido. Campina Grande, v.11, n.2, p. 22-31, 2015.

FONTANETTO, H. Aspectos sobre la fertilización y nutrición del garbanzo. In: ALBRECHT, J.; FONTANETTO, H.; SILLÓN, M. **Informe sobre el Cultivo del Garbanzo.** Córdoba: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária – INTA, 18p., 2011.

GAUR, P. M.; JUKANTIEMAIL, A. K.; VARSHNEY, R. K. Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies. **Agronomy**, Andhra Pradesh, v.2, p. 199-221, 2012.

HOSKEM, B. C. S. **Época de plantio de grão-de-bico em Montes Claros, Minas Gerais: produtividade e qualidade de sementes.** 2014. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2014.

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **Safira: manual de utilização.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 29p., 2010.

KARLIN, M. Manejo de Suelo. In: CARRERAS, J.; MAZZUFERI, V.; KARLIN, M. (Ed.). **El cultivo de garbanzo en Argentina.** Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2016. 567p.

MACHADO, J. P. **Adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura da mamona.** 2008. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

MADZIVHANDILA, T.; OGOLA, J. B. O.; ODHIAMBO, J. J. O. Growth and yield response of four chickpea cultivars to phosphorus fertilizer rates. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, p. 451-455, 2012.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações.** São Paulo. Nobel, 2002. 200p.

MANTOVANI, J. R.; OLIVEIRA, I. A. C.; MARQUES, D. J.; SILVA, A. B.; LANDGRAF, P. R. C. Teores de fósforo no solo e produção de alface crespa em função de adubação fosfatada. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.4, p.2369-2380, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** New York, Academic Press, 1995. 889p.

MEMON, M.; RAJPUR, A. N.; RAJPUR, A.; MEMON, N.; JAMRO, G. M.; KUMBHAR, M. I. Response of chickpea cultivars to phosphorus application. **Soil Environment**. Faisalabad, v. 35, n.1. p.22-29, 2016.

MISSIO, E. L.; NICOLOSO, F. T.; JUCOSKI, G. O.; SARTORI, L. Exigências nutricionais da grápia ao fósforo e enxofre em Argissolo Vermelho distróficoarênico: Efeito da adubação no crescimento. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.34, n.4, 2004.

MULA, M. G.; GONZALES, F. R.; MULA, R. P.; GAUR, P. M.; GONZALES, I. C.; DAR, W. D.; EUSEBIO, J. E.; ILAO, S. S. L. Chickpea (Garbanzos): An emerging crop for the rainfed and dryland areas of the Philippines. **Boletim Informativo n. 88.** 64p. Andhra Pradesh: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2011.

NUNES, J. A. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; MOREIRA, J. C. F. Produção de rabanete submetido à adubação fosfatada. **Cerrado Agrociências**. Patos de Minas, n.5, p.33-44, 2014.

PATEL, H. K.; PATEL, P. M.; SUTHAR, J. V.; PATEL, M. R. Yield, quality and post-harvest nutrient status of chickpea as influence by application of S and P fertilizer management. **International Journal of Scientific and Research Publications**. Gurgaon, v.4, p.1-3, 2014.

POZZA, A. A. A.; CURTI, N.; COSTA, E. T. S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.;

MOTTA, P. E. F. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, p.1627-1633, 2007.

RESENDE, A. V. de; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. L.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Parnaíba, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 28, p. 953-964, 2004.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.55, n.3, 1998.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.8, n.2, p. 152-163, 2009

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT**: Versão 7.7 pt. DEAG-CTRN – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. Versão atualizada em 01 de março de 2017. Disponível em 'http://www.assistat.com. Acesso em: 27 jun. 2017.

SINGH, U.; KUMAR, N.; PRAHARAJ, C. S.; SINGH, S. S.; KUMAR, L. Ferti-fortification: an easy approach for nutritional enrichment of chickpea. **The Ecoscan**, Jharkhand, v. 9, p. 731-736, 2015.

SOUZA, R. C.; CHAVES, L. H. G. Doses de fósforo e potássio no desenvolvimento da cultura de *Crambe abyssinica*. **Revista Verde de Agroecologia de Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v.11, n.2, p.71-75, 2016.

SOUZA, R. P. D.; PEGORARO, R. F.; REIS, S. T. Disponibilidade de fósforo e produção de biomassa de pinhão manso em solos com distintas texturas e doses de fósforo. **Revista Agro ambiente On-line**. Boa Vista, v.11, n.1, p.1-10, 2017.

TAVAKKOLI, E.; ENGLISH, P.; GUPPY, C. N. Interaction of silicone and phosphorus mitigate manganese toxicity in rice in a highly weathered soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.42, p.503-513, 2011.

YAHIYA, M.; SAMIULLAH; FATMA, A. Influence of phosphorus on nitrogen fixation in chickpea cultivars. **Journal of Plant Nutrition**. Lake Alfred, v.18, p.719-727, 1995

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATO AQUOSO DE TUBÉRCULOS DE *Cyperus rotundus* L. SOBRE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Digitaria insularis* L.

Olivia Pak Campos

Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho
(UNESP)
Botucatu – São Paulo

Conceição Aparecida Cossa

Universidade Estadual do Norte do Paraná
Bandeirantes – Paraná

Maria Aparecida da Fonseca Sorace

Universidade Estadual do Norte do Paraná
Bandeirantes – Paraná

Ruan Carlos da Silveira Marchi

Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho
(UNESP)
Botucatu – São Paulo

Leonardo Sgargeta Ustulin

Fundação Getulio Vargas (FGV)
São Paulo – São Paulo

Paulo Frezato Neto

Universidade Estadual do Norte do Paraná
Bandeirantes – Paraná

RESUMO: Tiririca, famigerada por seus efeitos alelopáticos, tem demonstrado eficiência como inibidora de germinação de sementes e crescimento de plantas. Amargoso, considerado uma das principais daninhas no Brasil, atualmente apresenta resistência. Objetivou-se estudar o efeito alelopático de extrato aquoso de tubérculos de tiririca no controle da germinação

de sementes de capim-amargoso. Para obtenção do extrato, utilizou-se 50 g de tubérculos que foram triturados com 100 mL de água e filtrado. O trabalho contou com seis tratamentos: T1 – 0%; T2 – 100%; T3 – 50%; T4 – 25%; T5 – 0,1%; T6 – 0,01%. As sementes de amargoso foram tratadas com as soluções e em seguida submetidas à germinação. Avaliou-se primeira contagem (PC), percentagem de germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Duncan a 5%. As médias de PC variaram em função dos tratamentos, maiores médias foram obtidas nas concentrações de 50%, 0%, 25% e 0,01%, que diferiram das concentrações de 0,1% e 100%, que apresentaram menores médias. Para G a concentração de 50% proporcionou maior porcentagem de germinação, seguida pelas demais, exceto de 100%, que afetou negativamente. Para IVG as médias seguiram o mesmo padrão da G. Na concentração de 100%, houve maior eficiência, com melhor controle e menor velocidade de germinação, evidenciando efeito alelopático do extrato. O tratamento com concentração de 50% mostrou-se ineficiente, sendo estimulante ao processo de germinação. O mesmo ocorreu com concentrações menores de 50%, onde o controle não diferiu da testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: Alelopatia; Amargoso;

Tiririca.

ABSTRACT: Nutsedge, assumed for allelopathic effects, has been demonstrated efficiency as seed inhibitor germination and plant growth. Sourgrass, considered one of the weeds main in Brazil, currently presents resistance. The work purpose was to study allelopathic effect in an nutsedge tubers aqueous extract in the control of the sourgrass seeds germination. To obtain the extract, 50 g tubers were used, which were ground with 100 mL filtered water. The work presented six treatments: T1 - 0%; T2 - 100%; T3 - 50%; T4 - 25%; T5 = 0.1%; T6 - 0.01%. The sourgrass seeds were treated with the solutions and then germination submitted. Were evaluated, first counting (FC), germination percentage (G) and germination speed index (GSI). The results were submitted to variance analysis and the means were compared by the Duncan test at 5%. FC mean values varied according to the treatments, higher mean values were obtained at 50%, 0%, 25% and 0.01% concentrations, which differed from 0.1% and 100%, concentrations which presented lower mean values. For G 50% concentration, provided a higher percentage of germination, followed by the others, except 100%, which affected negatively. For GSI the averages followed the same pattern of G. In the 100% concentration, there was greater efficiency, with better control and lower speed of germination, evidencing the extract allelopathic effect. The treatment with 50% concentration proved to be inefficient and stimulating the germination process. The same occurred with concentrations lower than 50%, where the control did not differ from the control.

KEYWORDS: Allelopathy; Nutsedge; Sourgrass.

1 | INTRODUÇÃO

As plantas invasoras interferem significativamente na agricultura, porém fazem parte do meio, cabe ao homem conviver com elas, manejando-as adequadamente. Quando se refere ao manejo de plantas espontâneas, normalmente o controle químico é a primeira opção, entretanto é importante considerar outras alternativas.

Cyperus rotundus L., conhecida como tiririca, é uma Cyperaceae, e apresenta uma característica menos comum entre as representantes dessa família, pois se reproduz quase que exclusivamente por tubérculos (LORENZI, 2006). É uma espécie invasora amplamente distribuída em vários agroecossistemas, reputada por seus efeitos alelopáticos (ANDRADE et al., 2009).

Arruda et al. (2009) e Sales et al. (2005) relatam a eficácia de extratos de plantas como tiririca e ainda, outras espécies, como inibidores de germinação e crescimento, bem como estimulantes de desenvolvimento do sistema radicular de algumas culturas específicas. Segundo Lorenzi (2000) a tiririca possui elevado nível de ácido indolbutírico, fitoregulador enraizador. De acordo com Souza et al., (2010), o extrato de tiririca a influência benéficamente a germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), indicando que possa haver influência sobre outras espécies.

Já Castro et al. (1983), observaram que extratos aquosos da parte subterrânea de *C. rotundus* inibiam a germinação e o crescimento do tomateiro.

O capim-amargoso (*Digitaria insularis*) é também uma espécie invasora perene, rizomatosa com alta capacidade de rebrota, forma touceiras e em condições ambientais favoráveis, germina o ano todo. Suas sementes são pequenas e dispersam facilmente através de cariópses densamente pilosos. Considerada comum de pastagens, mas com o plantio direto espalhou-se pelas áreas de produção de grãos, passando a ser uma das principais daninhas no Brasil.

A soja resistente ao glifosato foi um marco na história e hoje é adotada em quase 80% das áreas de produção no país. A rápida evolução se deu pela facilidade de uso e eficiência do glifosato. Todo herbicida está sujeito a problemas de resistência, fenômeno que ocorre naturalmente com a seleção de biótipos resistentes pré-existentes na área. O glifosato tem selecionado biótipos de espécies de plantas daninhas resistentes e hoje a resistência de *D. insularis* é uma realidade no Brasil.

O controle de biótipos resistentes envolve o uso de herbicidas em pré-emergência e outras alternativas que apresentem viabilidade (GAZZIERO et al., 2016). Nesse sentido desenvolveu-se o presente trabalho que teve como objetivo estudar o efeito alelopático de extrato aquoso de tubérculos de *C. rotundus* no controle da germinação de sementes de *D. insularis*.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Botânica Aplicada (BOTAPLI) da Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel, localizado no município de Bandeirantes - PR.

Para a obtenção do extrato de *C. rotundus*, foram coletados 50 g de tubérculos que foram submetidos a lavagem em água corrente, trituração em liquidificador com 100 mL de água e filtragem. A solução inicial obtida foi considerada 100% para realização das diluições.

Cariópses de capim-amargoso com as sementes foram submetidas aos tratamentos com soluções nas seguintes concentrações: T1 – 0%; T2 – 100%; T3 – 50%; T4 – 25%; T5 – 0,1%; T6 – 0,01%. Após pré-tratamento, as sementes foram colocadas para germinar em caixas plásticas do tipo gerbox, entre areia.

Para as avaliações foram feitos testes de primeira contagem, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, contando com seis tratamentos, cinco repetições, e vinte sementes por parcela.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%, através do programa SASM Agri (CANTERI et al., 2001).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Médias de primeira contagem (PC), porcentagem de germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *D. insularis*, tratadas com extrato de tubérculos de *C. rotundus* em diferentes concentrações, conforme Tabela 1.

As médias de primeira contagem de germinação de sementes, que segundo Nakagawa (1999) refletem a velocidade de germinação, variaram em função dos tratamentos com extrato de tiririca. As maiores médias de sementes germinadas na primeira contagem foram obtidas com as concentrações de 50% (7,6), 0% (4,0), 25% (4,8) e 0,01% (5,8), que diferiram das concentrações de 0,1% (2,4) e 100% (2,8) que apresentaram as menores médias.

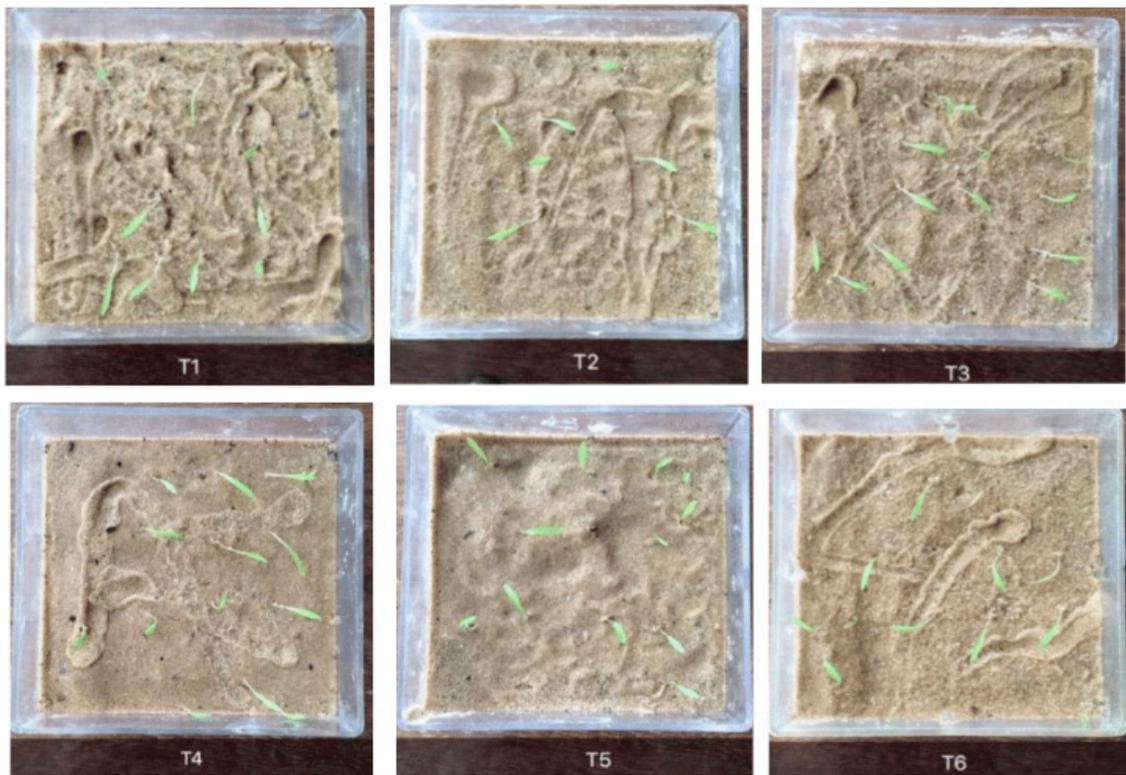
Tratamentos	PC	G	IVG
1 - 0%	4 ab	57% ab	1,35ab
2 - 100%	2,8 b	38% b	0,90 b
3 - 50%	7,6 a	64% a	1,66 a
4 - 25%	4,8 ab	60% ab	1,45ab
5 - 0,1%	2,4 b	61% ab	1,43ab
6 - 0,01%	5,8 ab	57% ab	1,46ab
CV%	63,65	31,22	31,51

TABELA 1. Médias de primeira contagem (PC), porcentagem de germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Digitaria insularis* submetidas a pré-tratamentos com diferentes concentrações de extrato de tubérculos de *Cyperus. rotundus*.

*Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Para germinação a concentração do extrato de tiririca que proporcionou maior porcentagem de germinação foi a de 50% (64%), seguida pelas demais, exceto a de 100%, que afetou negativamente o processo germinativo (38%), tal como ocorreu na primeira contagem, evidenciando o efeito alelopático do extrato de tubérculos de tiririca sobre a germinação de sementes de capim-amargoso, resultado semelhante ao obtido por Castro et al. (1983), (Figura 1).

Para germinação a concentração do extrato de tiririca que proporcionou maior porcentagem de germinação foi a de 50% (64%), seguida pelas demais, exceto a de 100%, que afetou negativamente o processo germinativo (38%), tal como ocorreu na primeira contagem, evidenciando o efeito alelopático do extrato de tubérculos de tiririca sobre a germinação de sementes de capim-amargoso, resultado semelhante ao obtido por Castro et al. (1983), (Figura 1).



Para IVG as médias seguiram o mesmo padrão da porcentagem de germinação, com menor velocidade na concentração de 100%.

Os resultados de porcentagem de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, demonstraram que a concentração de 100% de extrato apresentou germinação mais lenta e exerceu melhor controle da germinação de *D. insularis*. Nas demais concentrações, o controle e a velocidade de germinação não diferiram da testemunha, sem pré-tratamento de sementes.

4 | CONCLUSÃO

O tratamento de sementes de *D. insularis* com extrato aquoso de tubérculos de *C. rotundus* na concentração de 100%, apresentou maior eficiência, com melhor controle e menor velocidade de germinação de sementes, evidenciando efeito alelopático do extrato na germinação.

O tratamento com concentração de 50% de extrato mostrou-se ineficiente para o controle de *D. insularis*, apresentando efeito estimulante ao processo de germinação. O mesmo ocorreu com concentrações menores de 50%, em que o controle de *D. insularis* não diferiu da testemunha.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, H. M.; BITTENCOURT, A. H. C.; SILVANE, V. **Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre espécies cultivadas.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, p.1984-1990, 2009.

ARRUDA, L.A.M.; XAVIER, A.S.; BARROS, A.P.O.; ALMEIDA, A.P.A.; ALVES, A. O.; GALDINO, R.M.N. **Atividade hormonal do extrato de tiririca na rizogênese de estacas de sapoti**. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE. Anais... CD JEPEX 2009.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

CASTRO, P. R. C. et al. **Efeitos Alelopáticos de Alguns Extratos Vegetais na Germinação do Tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Santa Cruz). Planta Daninha**, Botucatu, v. 2, n. 6, p.79-85, out. 1983.

GAZZIERO, Dionísio et al. **Capim-Amargoso: mais um caso de resistência ao glifosato**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Capim_amargoso.pdf>. Acesso em: 21 out. 2016.

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas. 6ª Ed. CEP 13.460- 000, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2006.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3ªEd. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2000.

SALES, S.C.M.; SANTOS, G.C.; SOUZA, P.R.S. **Efeito Alelopático De Boldo, Capim Cidreira E Hortelã Sobre Germinação E Crescimento De Plântulas De Alface**. In: IV Congresso de ecologia do Brasil. Anais... Congresso de ecologia do Brasil - Caxambu. 2005.

SOUZA, G. A. V. S.; MONTENEGRO, F. T. M.; VASCONCELLOS, A.; NAPOLES, F. A. M.; OLIVEIRA, S. J. C. **Uso do extrato de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) na germinação das sementes do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB. 2010.

CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE SUBPRODUTO DE LARANJA (*CITRUS SINENSIS*) QUANTO A COMPOSIÇÃO DE FIBRAS, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Isabela Julio Iwassa

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química
Maringá – Paraná

Cecília Pinzon

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Tecnologia
Umuarama – Paraná

Eliane Dalva Godoy Danesi

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Engenharia de Alimentos
Ponta Grossa - Paraná

Beatriz Cervejeira Bolanho Barros

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Tecnologia
Umuarama – Paraná

RESUMO: O consumo de alimentos funcionais tem aumentado em todo o mundo por conta da conscientização da população sobre a associação entre saúde e dieta. Os subprodutos de frutas ganharam destaque por apresentarem, em alguns casos, maior conteúdo nutricional que a porção comestível. Neste estudo foi produzida farinha de subproduto de laranja a qual foi caracterizada quanto à presença de fibras e em relação a compostos bioativos. Os resultados demonstraram que a farinha de laranja é rica em fibras, com total de fibra alimentar de 71,72%, sendo 42,89% de fibra insolúvel (FI)

e 23,83% de fibra solúvel (FS). Além disso, obteve-se proporção adequada dessas fibras (0,49). Os dados da determinação de fibra em detergente neutro (19,82%) mostraram-se superiores aos valores da fibra em detergente ácido (18,41%). A farinha apresentou teores de celulose, hemicelulose e lignina de 17,85%, 1,41% e 0,85%, respectivamente. Em relação aos compostos bioativos, obteve-se para a farinha produzida alto teor de compostos fenólicos totais (CFT) (445,99 mg EAG 100 g⁻¹), apresentando potencial antioxidante para as três metodologias avaliadas (DPPH, FRAP e ABTS). Logo, o estudo demonstra a importância da utilização desta farinha em formulações de produtos funcionais, devido a sua composição em fibras, seu teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

PALAVRAS-CHAVE: ABTS; compostos fenólicos; DPPH; fibra alimentar; FRAP.

ABSTRACT: Functional food consumption has increased worldwide because of the population's awareness of the association between health and diet. Fruit by-products were highlighted because they presented, in some cases, higher nutritional content than the edible portion. In this study, orange by-product flour was produced, which was characterized as to the presence of fibers and in relation to bioactive compounds. The results showed that the orange flour is rich

in fiber, with a total food fiber of 71.72%, being 42.89% insoluble fiber (FI) and 23.83% soluble fiber. In addition, an adequate proportion of these fibers was obtained (0.49). The neutral detergent fiber determination data (19.82%) were higher than the acid detergent fiber values (18.41%). Cellulose, hemicellulose and lignin contents of 17.85%, 1.41% and 0.85%, respectively, were obtained. For the bioactive compounds, a high content of total phenolic compounds (CFT) (445.99 mg EAG 100 g⁻¹) was obtained, presenting antioxidant potential for the three evaluated methodologies (DPPH, FRAP and ABTS). Therefore, the study demonstrates the importance of the use of this flour in formulations of functional products, due to its composition in fibers, its content of phenolic compounds and antioxidant activity.

KEYWORDS:ABTS; phenolic compounds; DPPH; dietary fiber; FRAP.

1 | INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos funcionais tem aumentado em todo o mundo por conta da conscientização da população sobre a associação entre saúde e dieta. Os produtos funcionais, além dos nutrientes básicos, proporcionam benefícios para a saúde do consumidor e estão associados com a redução de riscos de certas doenças (ABOULFAZLI; SHORI; BABA, 2016). As frutas são muito conhecidas por suas propriedades funcionais e, atualmente, seus subprodutos gerados no processamento ganharam destaque devido ao seu alto conteúdo nutricional em relação à porção comestível (AYALA-ZAVALA et al., 2011; CAN-CAUICH et al., 2017).

O Brasil é o maior produtor de frutas cítricas do mundo com maior destaque para as laranjas (IBGE, 2017). Em julho de 2017, a produção mundial de laranja alcançou 50,2 milhões de toneladas e o Brasil produziu 19,2 milhões de toneladas (USDA, 2017). Da safra total, 45% é destinada à produção de suco, no entanto, esse processo gera 17 milhões de toneladas/ano de bagaço (FAOSTAT, 2015). Os bagaços de frutas cítricas são compostos por casca que podem ser recuperadas para a utilização em ração animal. Entretanto, esse resíduo ainda contém compostos bioativos com inúmeras atividades biológicas (DEVI et al., 2015; YUMNAM et al., 2014).

Nesse contexto, a exploração integral da fruta com aproveitamento dos subprodutos gerados no processamento possibilita valorização das cadeias produtivas configurando uma iniciativa (O'SHEA; ARENDT; GALLAGHER, 2012). Logo, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o subproduto do processamento de laranja (*Citrus sinensis*) em relação à composição de fibras, compostos fenólicos totais e potencial antioxidante para potencial aplicação em desenvolvimento de produtos funcionais.

2 | METODOLOGIA

2.1 Obtenção da farinha do subproduto do processamento de laranja

A farinha de laranja foi originária do subproduto da extração do suco da fruta. O subproduto foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada (Marconi, MA 035, Piracicaba, Brasil) a 60°C por 36 h. O material seco foi triturado em moinho de faca tipo Willye (Solab, SL-031, Piracicaba, Brasil). A granulometria das farinhas foi definida para classificação como pó fino, determinada em conjunto de peneiras com malhas de 25 a 80 USS\ASTM, submetidas à ação de vibrador pelo período de 10 min, expressa em porcentagem de material retido em cada peneira. Após a moagem e peneiramento a fração classificada como farinha fina com 100 mesh foi utilizada nas análises (PROTZEK; FREITAS; WASCZYNSKJ, 1998).

2.2 Composição de fibras

A determinação de fibras solúveis (FS) e insolúveis (FI) da farinha foram determinadas de acordo com AOAC (2005). Teor total de fibras alimentares (FA) foi obtido pela soma dos valores FS e FI.

A determinação do teor de FDA seguiu o método descrito por Van Soest (1967) no qual 0,35 g de amostra de farinha de laranja seca foi digerida com 35 mL de solução detergente ácido e 2 mL de decaidronaftaleno em bloco digestor. O aquecimento foi realizado até a fervura e a temperatura ajustada para 135° C por 60 min, a partir do início da fervura.

Em seguida, foi realizada a filtração por sucção a vácuo, em cadinho filtrante de porosidade média, previamente seco em estufa a 105°C e pesado. O resíduo da digestão foi lavado com água destilada quente, para remoção de todo complexo gelatinoso formado, de proteína e amido, e este resíduo foi lavado duas vezes com 40 mL de acetona, sendo em seguida seco em estufa a 105°C, por 12 h, e pesado.

A determinação de fibra em detergente neutro (FDN) seguiu as recomendações de Van Soest (1967). Para tanto, 0,5 g de amostra foi adicionada de 50 mL da solução de detergente neutro, 50 µL de α-amilase termoestável e 0,25 g de sulfito de sódio. A mistura foi aquecida até a ebulição por 5 min, quando a temperatura foi reduzida e o refluxo mantido por 60min. Após este período, a solução ainda quente foi filtrada em cadinho filtrante, previamente padronizado e pesado. Em seguida, foram realizadas lavagens com água quente e acetona. Os cadinhos foram secos a 100 °C e após resfriados foram pesados. A diferença de peso foi utilizada para calcular o teor de fibra em detergente neutro.

A estimativa dos teores de celulose, hemicelulose e lignina foi baseada nessas análises.

2.3 Determinação do teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante

A extração de antioxidantes foi realizada usando 1 g de amostra e 20 mL de etanol a 80%, com agitação em Shaker por 4 h (HUNG et al., 2009). Em seguida, a suspensão foi centrifugada, sendo o sobrenadante coletado. Este procedimento foi realizado duas vezes. O extrato etanólico foi utilizado para a determinação de compostos fenólicos totais (CFT) pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA-RAVENTOS, 1999). O CFT foi determinado por uma curva padrão preparada com ácido gálico (Sigma, New Orleans, LA, EUA). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra.

A atividade antioxidante (AA) dos extratos etanólicos foi medida por diferentes métodos. A eliminação de radicais livres em relação ao ABTS (ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico, Sigma-Aldrich Chemical) foi realizada com alíquotas de amostras de 30 μ L adicionadas a 3 mL de solução ABTS com absorbância de $0,70 \pm 0,05$ medido a 734 nm por um espectrofotômetro UV / VIS (Femto 700 Plus, São Paulo, Brasil). Após uma reação de 6 min, a absorbância final foi lida a 734 nm (RE et al., 1999). A atividade sequestradora de radicais livres DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila, Sigma-Aldrich Chemical) foi determinada usando 1 mL de tampão acetato 100 mM pH 5,5; 1 mL etanol; 0,5 mL de solução etanólica DPPH 250 μ M e 50 μ L de amostra. Após 30 min, a absorbância foi lida a 517 nm em espectrofotômetro (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). O poder antioxidante redutor férrico (FRAP) dos extratos foi realizado com 2,7 mL de reagente FRAP, 90 μ L de amostra e 270 μ L de água destilada. Após 30 min, a absorbância foi lida a 595 nm pelo espectrofotômetro (BENZIE; STRAIN, 1996). Os resultados destas metodologias são expressos em μ mol de equivalente Trolox por g de farinha.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na caracterização da farinha de subproduto de laranja em relação à composição de fibras e compostos bioativos.

Composição de fibras	
Fibra alimentar insolúvel (%)	47,89±2,60
Fibra alimentar solúvel (%)	23,83±1,90
Fibra alimentar total (%)	71,72
Fibra em detergente ácido (%)	18,41±1,20
Fibra em detergente neutro (%)	19,82±0,20
Celulose (%)	17,85±0,12
Hemicelulose (%)	1,41±0,15
Lignina (%)	0,85±0,08
Compostos fenólicos (CFT) e atividade antioxidante	
CFT (mg EAG100g ⁻¹)	445,99±30,87
FRAP (μmol de Troloxg ⁻¹)	49,74±0,51
DPPH (μmol de Troloxg ⁻¹)	67,65±0,46
ABTS (μmol de Trolox g ⁻¹)	4,27±0,18

Tabela 1. Caracterização da farinha de subproduto do processamento de laranja

O teor de FA (71,72%) obtido para a farinha de subproduto de laranja indicou que esta é rica em fibras. As propriedades fisiológicas da fibra alimentar dependem do conteúdo de frações solúveis e insolúveis. AFS tem sido associada com a diminuição da absorção intestinal da glicose e redução do colesterol, enquanto a FI está associada à absorção de água e regulação do intestino (OH et al., 2014). Os teores de FS (23,83%) e FI (47,89%) do farinha produzida foram superiores ao obtido para o subproduto da manga (12,49 e 25,81%, respectivamente) (RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2017). Para o produto ser considerado fonte adequada de fibras, deve ter uma relação FS/FI entre 0,33 a 0,50 (JAIME et al., 2002; GRAMZA-MICHALOWSKA et al., 2016). De acordo com este parâmetro, a farinha produzida apresentou proporção equilibrada entre suas frações (0,49).

Os resultados da determinação de fibra alimentar foram superiores aos valores obtidos para FDA e FDN, o que provavelmente se deve a metodologia utilizada. Sabe-se que a fibra alimentar utiliza tratamento enzimático que busca imitar a digestão humana e é o método que promove menores perdas de componentes fibrosos, como hemicelulose e pectina. Por outro lado, os valores de FDN mostraram-se superiores aos valores da determinação de FDA (Tabela 1). Isso se deve ao fato de que o detergente neutro é usado para dissolver substâncias facilmente digeridas, como a pectina e o conteúdo celular, deixando um resíduo fibroso contendo os principais componentes da parede celular: celulose, hemicelulose e lignina. Já a fibra em detergente ácido é constituída na sua quase totalidade de lignina e celulose. De qualquer modo os valores de FDA (18,41%) e FDN (19,82%) mostram que a farinha de subproduto de laranja é rica em fibras, principalmente insolúveis. No entanto, esses valores foram

inferiores ao obtidos para semente de abacate para FDA (20,63%) e FDN (40,44%) (BARBOSA-MARTÍN et al., 2016).

O teor de celulose, hemicelulose e lignina da farinha obtida foi de 17,851,41 e 0,85%, respectivamente. Esses valores foram inferiores ao reportado por Rehman e Xá (2004) para lentilha com 8,10% de celulose, 20,3% de hemicelulose e 1,42% de lignina. A celulose é um importante componente das fibras alimentares, auxiliando na regulação do trânsito gastrointestinal e ajudando na prevenção de doenças, enquanto a hemicelulose contém alta proporção de fibra solúvel em água e, portanto, são muito importantes do ponto de vista nutricional. Além disso, as ligninas são compostos que podem ter importantes aplicações em alimentos, uma vez que suas fortes ligações moleculares lhes conferem alta resistência sob condições extremas, sendo estáveis em altas temperaturas (DHINGRA et al., 2012; RAUPP ET AL., 1999).

Apesar do teor de pectina não ter sido determinado neste trabalho, ele se correlaciona bem com o teor de fibra alimentar solúvel. Souza et al. (2018) detectaram em média 32% de pectina em bagaço de laranja. A pectina é conhecida por sua capacidade de diminuir a absorção de glicose e lipídios no intestino delgado, diminuindo assim os níveis destes na corrente sanguínea (LATULIPPE et al., 2013). Ao estudar a digestibilidade in vitro do bagaço de laranja, Souza et al. (2018) comprovaram sua viabilidade como um suplemento de fibras.

Em relação ao teor de CFT, a farinha produzida apresentou alto teor (445,99 mg EAG 100 g⁻¹) ao ser comparada com o obtido por Simas et al. (2007) para o subproduto de palmito rei (127,00 mg EAG 100 g⁻¹). Os compostos fenólicos por apresentarem capacidade antioxidante podem preservar a cor e o sabor, evitando degradação de vitaminas nos alimentos e, ao mesmo tempo, podem proteger o organismo de danos oxidativos (ALIAKBARIAN et al., 2009).

O teste de redução do ferro (FRAP) se baseia na transferência de elétrons dos antioxidantes para o Fe³⁺ que dá origem ao Fe²⁺, o qual é menos reativo e não consegue participar da catálise das reações de oxidação na mesma proporção que a sua forma oxidada. A farinha de subproduto de laranja apresentou atividade por essa metodologia de 49,74 μmol de Trolox g⁻¹. O potencial antioxidante DPPH da farinha de subproduto de laranja apresentou teor semelhante (67,65 μmol de Trolox g⁻¹) ao reportado para a polpa da manga (65,77 μmol de Trolox g⁻¹). Por outro lado, o mesmo trabalho apresentou atividade pela metodologia ABTS superior (33,87 μmol de Trolox g⁻¹) ao presente estudo (4,27 μmol de Trolox g⁻¹) (HOYOS-ARBELÁEZ et al., 2018).

Os resultados da caracterização obtidos para a farinha do subproduto do processamento de laranja demonstram a importância da utilização em formulações, devido ao seu alto teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Leão et al. (2017) relatam que fibras alimentares de subprodutos de frutas que são ricos em antioxidantes geralmente apresentam altos níveis de polifenóis e carotenoides, combinando os efeitos benéficos tanto da fibra dietética como dos antioxidantes. Dessa forma, a caracterização e aplicação dos subprodutos gerados nas agroindústrias devem

ser estudados, para que seja possível além de cumprir com a legislação ambiental, obter valorização das cadeias produtivas, com retorno financeiro em todas as etapas do processo.

4 | CONCLUSÕES

A farinha de subproduto de laranja apresentou importantes características nutricionais, o que permite sua aplicação em alimentos funcionais a baixo custo. O estudo demonstrou a importância da exploração de subprodutos de agroindústrias a fim de desenvolver novos produtos, valorizar a cadeia produtiva, reduzir o desperdício e, conseqüentemente, o impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

ABOULFAZLI, F.; SHORI, A. B.; BABA, A. S. Effects of the replacement of cow milk with vegetable milk on probiotics and nutritional profile of fermented ice cream. **LWT – Food Science and Technology**, v.70, p. 261-270, 2016.

ALIAKBARIAN, B.; DEGHANI, F.; PEREGO, P. The effect of citric acid on the phenolic contents of olive oil. **Food Chemistry**, v.116, 617-623, 2009.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEJA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; SIDDIQUI, Md. W.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v.44, p. 1866-1874, 2011.

BARBOSA-MARTÍN, E.; CHEL-GUERRERO, L.; GONZÁLEZ-MONDRADÓN, E.; BETANCUR-ANCONA, D. Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. **Food and Bioproducts Processing**, v.100, p. 459-463, 2016.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70–76, 1996.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVÉLIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

CAN-CAUICH, C. A.; SAURI-DUCH, E.; BETANCUR-ANCONA, D.; CHEL-GUERRERO, L.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; CUEVAS-GLORY, L. F.; PÉREZ-PACHECO, E.; MOO-HUCHIN, V. M. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v.37, p. 501-506, 2017.

DEVI, K. P.; RAJAVEL, T.; NABAVI, S. F.; SETZER, W. N.; AHMADI, A.; MANSOURI, K.; NABAVI, S. M. Hesperidin: A promising anticancer agent from nature. **Industrial Crops and Products**, v.76, p. 582-589, 2015.

DHINGRA, D.; MICHAEL, M.; RAJPUT, H.; PATIL, R. T. Dietary fibre in foods: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v.43, p. 255-266, 2012.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (acesso em out de 2018).

GRAMZA-MICHALOWSKA, A., KOBUS-CISOWSKA, J., KMIECIK, D., KORCZAK, J.; HELAK,

B.; DZIEDZIC, K.; GÓRECKA, D. Antioxidative potential, nutritional value and sensory profiles of confectionery fortified with green and yellow tea leaves (*Camellia sinensis*). **Food Chemistry**, v. 211, p. 448-454, 2016.

HORWITZ, W.; LATIMER, G. **Official methods of analysis of AOAC International**, 18th edition. Gaithersburg: AOAC International, Estados Unidos, 2005.

HOYOS-ARBELÁEZ, J.; BLANDÓN-NARANJO, L.; VÁZQUEZ, M.; CONTRERAS-CALDERÓN, J. Antioxidant capacity of mango fruit (*Mangifera indica*). An electrochemical study as an approach to the spectrophotometric methods. **Food Chemistry**, v.266, p. 435-440, 2018.

HUNG, P. V.; MAEDA, T.; MIYATAKE, K.; MORITA, N. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. **Food Research International**, v. 42, p. 185–190, 2009.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia Estatística**, 2017. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201707_5.shtm (acesso em out de 2018).

JAIME, L.; MOLLÁ, E.; FERNÁNDEZ, A.; MARTÍN-CABREJAS, M.A.; LÓPEZ-ANDRÉU, F.J.; ESTEBAN, R.M. Structural Carbohydrate Differences and Potential Source of Dietary Fiber of Onion (*Allium cepa* L.) Tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 122-128, 2002.

LATULIPPE, M. E.; MEHEUST, A.; AUGUSTIN, L.; BENTON, D.; BERCIK, P.; BIRKETT, A.; DE MENEZES, E. W. A narrative review of the scientific evidence in the area of carbohydrates, microbiome, and health. **Food and Nutrition Research**, v. 57, p. 7, 2013.

LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v.225, p. 146-153, 2017.

OH, I. K.; BAE, I. Y.; LEE, H. G. *In vitro* starch digestion and cake quality: Impact of the ratio of soluble and insoluble dietary fiber. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 63, p. 98-103, 2014.

O'SHEA, N.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.16, p. 1-10, 2012.

PROTZEK, E. C.; FREITAS, R. J.S.; WASCZYNSKJ, N. Aproveitamento do bagaço de maçã na elaboração de biscoitos ricos em fibra alimentar. **Boletim do CEPPA**, v. 2, p. 263-275, 1998.

RAUPP, D. S.; MOREIRA, S. S.; BANZATTO, D. A.; SGARBIERI, V. C. Composição e propriedades fisiológico – nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de feccularia de mandioca. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, p. 205-210, 1999.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, p. 1231-1237, 1999.

REHMAN, Z.; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chemistry**, v.87, p. 613-617, 2004.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, S.; GUTIÉRREZ-RUIZ, I. M.; PÉREZ-RAMIREZ, I. F.; MORA, O.; RAMOS-GOMEZ, M.; REYNOSO-CAMACHO, R. Mecanismos relacionados às propriedades antidiabéticas do subproduto do suco de manga (*Mangifera indica* L.). **Journal of Functional Foods**, v.37, p.190-199, 2017.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in**

Enzymology, v. 299, p. 152-178, 1999.

SIMAS, K. N.; VIEIRA, L. N.; PODESTÁ, R.; MÜLLER, C. M. O.; VIEIRA, M.A.; BEBER, R. C.; REIS, M. S.; BARRETO, P. L. M.; AMANTE, E. R.; CASTANHO-AMBONI, R. D. M. Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 531–538, 2009.

SOUZA, C. B. de; JONATHAN, M.; SAAD, S. M. I.; SCHOLS, H. A. Characterization and *in vitro* digestibility of by-products from Brazilian food industry: Cassava bagasse, orange bagasse and passion fruit peel. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, (no prelo).

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* - the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 10, p. 63-68, 1959.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal of Animal Science**, v. 26, p. 119-120, 1967.

USDA - **Citrus: World Markets and Trade**, United States Department of Agriculture. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade> (acesso em out de 2018).

YUMNAM, S.; PARK, H. S.; KIM, M. K.; NAGAPPAN, A.; HONG, G. E.; LEE, H. J.; LEE, W. S.; KIM, E. H.; CHO, J. H.; SHIN, S. C.; KIM, G. S. Hesperidin Induces Paraptosis Like Cell Death in Hepatoblastoma, HepG2 Cells: Involvement of ERK1/2 MAPK. **PLOS ONE**, v.9, p. 1-9, 2014.

AVALIAÇÃO SENSORIAL E INTEÇÃO DE COMPRA DE PÃES COM ADIÇÃO DE FARINHA DE GERGELIM *Sesamum indicum L.*

Roberta de Oliveira Sousa Wanderley

Universidade Federal de Campina Grande,
Unidade Acadêmica de Doutorado em Engenharia
de Processos. Campina Grande – PB

Paulo Alves Wanderley

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da
Paraíba, Professor na Unidade Acadêmica de
Agroecologia do IFPB. Sousa - PB

Wellita Azevedo Silva

Universidade Federal de Campina Grande
Unidade Acadêmica de Doutorado em Engenharia
de Processos. Campina Grande – PB

Anna Catarina Costa Paiva

Universidade Federal de Campina Grande,
Unidade Acadêmica de Doutorado em Engenharia
de Processos.
Campina Grande – PB

Janine Patrícia Melo Oliveira

Universidade Federal de Campina
Grande, Campus Pombal
Pombal – PB

Altevir Paula de Medeiros

Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA Mossoró- RN

Oswaldo Soares da Silva

Universidade Federal de Campina Grande/
Pombal, Professor Adjunto IV na Unidade
Acadêmica de Tecnologia de Alimentos Pombal –
PB

Élida Ramalho da Silva

Universidade Federal
de Campina Grande, Campus Pombal

Pombal – PB

RESUMO: A elaboração de pães com substituição de parte da farinha de trigo por farinhas como a de gergelim pode ser uma alternativa para enriquecê-los nutricionalmente. Entretanto, deve-se preservar a qualidade sensorial dos produtos. As indústrias de panificação estão mais atentas ao novo consumidor e coloca nas prateleiras alimentos mais práticos, saudáveis, menos calóricos e que contribuam para uma dieta balanceada, por isso, a necessidade da expansão de pães especiais. Esta pesquisa teve o objetivo analisar a aceitação sensorial de pão tipo francês enriquecido com farinha de gergelim em três diferentes concentrações. Após passar por análises microbiológicas os pães elaborados foram submetidos à análise sensorial com 50 julgadores não treinados, selecionados aleatoriamente, numa faixa etária de 20 a 40 anos, de ambos os sexos através de teste de aceitação, para aparência, aroma, maciez e sabor. No teste de aceitação, apenas o atributo sabor diferiu estatisticamente ($p < 0.05$), sendo a amostra melhor aceita a que continha menor proporção de farinha de gergelim, com média obtida próxima ao conceito “Gostei muito” com média de 80%. Na intenção de compra, todos os tratamentos diferiram estatisticamente, sendo a amostra com 10%

de farinha de gergelim a que obteve a maior média 72%, próxima ao conceito “Com certeza compraria”. Desta modo conclui-se que o desenvolvimento do pão enriquecido sugere que sua produção é viável do ponto de vista sensorial, atendendo a demanda dos consumidores por produtos saudáveis e agradáveis ao paladar.

PALAVRAS-CHAVE: Elaboração, Qualidade sensorial, Alimentos saudáveis, Aceitação.

ABSTRACT:The elaboration of breads with substitution of part of the wheat flour for flours like the one of sesame can be an alternative to enrich them nutritionally. However, the sensorial quality of the products must be preserved. The baking industries are more attentive to the new consumer and places on the shelves food that is more practical, healthier, less caloric and that contribute to a balanced diet, therefore, the need to expand special breads. This research had the objective to analyze the sensorial acceptance of French type bread enriched with sesame flour in three different concentrations. After being submitted to microbiological analysis, the elaborated breads were submitted to sensory analysis with 50 untrained judges, randomly selected, in an age group of 20 to 40 years of age, of both sexes by acceptance test, for appearance, aroma, softness and flavor. In the acceptance test, only the flavor attribute differed statistically ($p < 0.05$). The best accepted sample was the one with the lowest proportion of sesame flour, with an average of approximately 80%. In the intention to buy, all the treatments differed statistically, being the sample with 10% of sesame meal that obtained the highest average 72%, next to the concept “I would certainly buy”. In this way it is concluded that the development of bread enriched suggests that its production is viable from the sensorial point of view, attending the consumers demand for healthy products and pleasing to the palate.

KEY WORDS: Elaboration, Sensorial quality, Healthy food, Acceptance.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil tem experimentado uma rápida transição nutricional que consiste no declínio da desnutrição e no aumento de sobrepeso e alguns estudos tem adicionado em alimentos convencionais e de alta aceitação produtos com propriedades funcionais, agregando valor e levando saúde a população (SILVA ET AL 2014).

A elaboração de pães com substituição de parte da farinha de trigo por farinhas como a de gergelim pode ser uma alternativa para enriquecê-los nutricionalmente. Entretanto, deve-se preservar a qualidade sensorial dos produtos. De acordo com Paes (2015) as indústrias de panificação estão mais atentas ao novo consumidor e coloca nas prateleiras alimentos mais práticos, saudáveis, menos calóricos e que contribuam para uma dieta balanceada, por isso, a necessidade da expansão de pães

especiais (integrais, com fibras, light, sem glúten, sem lactose e etc.).

O gergelim, assim como a linhaça, também é considerado um alimento funcional, devido a sua capacidade de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, a semente serve como um alimento nutritivo para os seres humanos e é amplamente utilizado na panificação e confeitaria. Algumas características nutracêuticas desta semente são a capacidade antioxidante (QUEIROGA *et al.*, 2012).

A utilização de farinhas mistas na indústria da panificação tem como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo, visando a melhoria da qualidade nutricional dos produtos elaborados, assim como o suprimento das necessidades dos consumidores por produtos diversificados. Diante do exposto esta pesquisa teve o objetivo analisar a aceitação sensorial de pão tipo francês enriquecido com farinha de gergelim em três diferentes concentrações.

2 | METODOLOGIA

Os pães tipo francês adicionado de farinha de gergelim, foram desenvolvidos no setor de panificação da Agroindústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Sousa em três diferentes formulações a partir da substituição de parte da farinha de trigo, utilizada convencionalmente, por acréscimo de farinha de gergelim. A farinha de gergelim foi incorporada aos ingredientes do pão francês tradicional, em substituição a farinha de trigo nas proporções de 10%, 15% e 20%. Após passar por análises microbiológicas foram submetidos à análise sensorial com 50 julgadores não treinados, selecionados aleatoriamente no laboratório do setor de agroindústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB Campus Sousa, numa faixa etária de 20 a 40 anos, de ambos os sexos através de teste de aceitação, para aparência, aroma, maciez e sabor.

As amostras foram codificadas com número aleatório de três dígitos. Os pães preparados foram avaliados aplicando-se a escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde 9 representa a nota máxima “gostei muitíssimo” e 1, a nota mínima “desgostei muitíssimo” (ASSOCIAÇÃO..., 1998).

Além do teste afetivo, os provadores foram questionados na mesma ficha quanto à intenção de compra do produto utilizando uma escala com cinco pontos onde responderam se certamente compraria; possivelmente compraria; talvez comprasse, talvez não comprasse; possivelmente não compraria; certamente não compraria.

Os dados efetivados pelos resultados da análise sensorial foram submetidos à análise estatística utilizando-se a análise de diferença das médias de acordo com o Teste de Tukey's

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste de aceitação, apenas o atributo sabor diferiu estatisticamente ($p < 0.05$), sendo a amostra melhor aceita a que continha menor proporção de farinha de gergelim, com média obtida próxima ao conceito “Gostei muito” com média de 80%. Na intenção de compra, todos os tratamentos diferiram estatisticamente, sendo a amostra com 10% de farinha de gergelim a que obteve a maior média 72%, próxima ao conceito “Com certeza compraria”. Em um estudo realizado por Pereira *et al.* (2013), desenvolvendo pão sem glúten, com batata e creme de arroz e enriquecido com chia, o índice de aceitabilidade foi de 89% e a intenção de compra de 78%, valores superiores ao deste estudo.

Clerici *et al.* (2013) analisou produto de panificação com adição de farinha de gergelim e os resultados mostraram que o aumento da substituição da farinha de trigo por farinha de gergelim interferiu na aceitação dos produtos pelos provadores. No entanto, Nascimento *et al.* (2012) obtiveram resultados de avaliação sensorial e tecnológica positivas quando produziram snacks de milho com 10 % de Farinha de gergelim e notou-se que quando os consumidores recebiam a informação dos benefícios do uso do gergelim, eles aprovavam até 20 % de Farinha nos snacks extrusados de milho, o que mostra que o consumidor está em busca de produtos mais benéficos à saúde.

Os resultados comprovam que o pão tipo francês enriquecido com farinha de gergelim obtiveram características sensoriais agradáveis ao consumidor. Segundo Vasconcelos *et al.* (2013), a qualidade sensorial aliada à funcionalidade do produto podem representar um efeito muito promissor no mercado, pois atendem à demanda crescente de consumidores por produtos saudáveis e uma alimentação mais nutritiva.

4 | CONCLUSÕES

Os pães obtidos com até 10% farinha de gergelim apresentaram aceitação sensorial relevante as demais concentrações analisadas. Estes resultados indicaram que o consumidor aceita produtos com adição de novos ingredientes mais benéficos a saúde, como a fibra alimentar dentre outros compostos.

Deste modo conclui-se que o desenvolvimento do pão enriquecido sugere que sua produção é viável do ponto de vista sensorial, atendendo a demanda dos consumidores por produtos saudáveis e agradáveis ao paladar.

REFERÊNCIAS

A.C.; BARBOSA, W.T.; QUEIROGA, D.A. NASCIMENTO, M.G. C.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; FREITAS, D. G. C.; ASCHERI, J. L. R. **Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn**

expanded extrudates. Food Research International, Amsterdam, v. 45, p. 434-443, 2012

CLERICI, M. T. P. S; OLIVEIRA, M.E. Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. Universidade Federal de Minas (UNIFAL-MG) Departamento de Nutrição. Copyright Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) Apr-Jun 2013

PAZ, H. C. **Pão De Mel De Abelhas (Apis MELLIFERA Linnaeus, 1758) Sem Glúten Enriquecido Com Farinha Da Casca Do Maracujá (Passiflora EDULIS FLAVICARPA) Liofilizada: Desenvolvimento E Controle De Qualidade** /Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, Tecnologia de Alimentos, 31 p. 2015.

PEREIRA, B. S. et al. **Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia.** Demetra, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 125-136, 2013.

QUEIROGA, V.P.; FREIRE, R.M.M.; FIRMINO, P.T.; MARINHO, D.R.F.; SILVA, **Caracterização** farinha de gergelim submetidas aos processos de despliculação manual, físico e mecânico. *Revist Bras. de Prod. Agroind.* **14**, 307–315, 2012.

SILVA, M.N; SILVA, F.B.; NETA, Z.M; SILVA, E.V. **Elaboração E Aceitação Sensorial De Pão Francês Aditivado Com Farinhas De Linhaça E Da Casca Do Maracujá** Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável – Dezembro, 2014. VOL. 4. No. 1

VASCONCELOS, C. M.; MARTINS, J. F. L.; RAFAEL, V. C.; FERREIRA, C. L. L. F. **Desenvolvimento e avaliação sensorial de sobremesa láctea potencialmente simbiótica.** Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes, v. 68, n. 391, p. 11-17, 2013.

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE PANIFICADORAS SITUADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB

Deyzi Santos Gouveia

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campina Grande- PB

Fernanda Ellen Martins Oliveira Araújo

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campina Grande- PB

Yasmim Maria Azevedo Santos

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campina Grande- PB

Rebeca de Lima Dantas

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campina Grande- PB

Mércia Melo de Almeida Mota

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campina Grande- PB

Nubênia de Lima Tresena

Universidade Federal de Campina Grande
Departamento de Engenharia de Alimentos
Campina Grande- PB

objetivo deste trabalho foi avaliar as condições higiênico-sanitárias de panificadoras, através da aplicação da lista de verificação das BPF elaborado pela ANVISA presente na Resolução RDC 275/02 e realizar análises físico-químicas e microbiológicas da água dos reservatórios desses estabelecimentos, do município de Campina Grande, Paraíba. Foram avaliadas duas panificadoras identificadas como “A” e “B”. A avaliação inicial ocorreu através de observações diretas e questionamentos aos funcionários e proprietários das panificadoras, seguidas de coletas de amostras de água dos estabelecimentos para a realização das análises. De acordo com o cálculo da percentagem de adequação, a panificadora “A” apresentou melhor adequação em relação a panificadora B. As análises físico-químicas das águas analisadas obtiveram valores na faixa permitida pela legislação, apenas a acidez da amostra da panificadora “A” estava fora dos padrões, o que pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento. A análise microbiológica constatou que as amostras de água das duas panificadoras estão fora dos padrões exigidos pela legislação. As panificadoras apresentaram uma série de irregularidades que podem vir a trazer prejuízos. Tais danos podem ser evitados através da adoção das boas práticas de fabricação estabelecidas pela ANVISA e pelo

RESUMO: O setor de panificação produz e distribui diversos tipos de alimentos presentes no nosso dia a dia, e com isso surge a preocupação com a qualidade e higiene dos produtos fornecidos. Nesta perspectiva, o

acompanhamento periódico, feito por profissionais capacitados, da qualidade da água, podendo assim trazer maior segurança alimentar para a população.

PALAVRAS CHAVE: Setor de panificação; água; boas práticas de fabricação.

ABSTRACT: The bakery industry produces and distributes various types of food present in our day to day, and with this arises the concern with the quality and hygiene of the products supplied. In this perspective, the objective of this work was to evaluate the hygienic-sanitary conditions of bakeries through the application of the GMP checklist prepared by ANVISA in Resolution RDC 275/02 and to perform physical-chemical and microbiological analyzes of the water in the reservoirs of these establishments, from the city of Campina Grande, Paraíba. Two bakeries identified as “A” and “B” were evaluated. The initial evaluation took place through direct observations and questioning to the bakers’ employees and owners, followed by collection of water samples from the establishments for the analysis. According to the calculation of the adequacy percentage, the “A” bakery presented better suitability compared to the bakery B. The physical-chemical analyzes of the analyzed waters obtained values in the range allowed by the legislation, only the acidity of the bakery sample “A” was out of standard, which can contribute significantly to the corrosion of metal structures and cement-based materials. The microbiological analysis found that the water samples from the two bakeries are outside the standards required by the legislation. The bakeries have presented a series of irregularities that can bring losses. Such damage can be avoided through the adoption of good manufacturing practices established by ANVISA and the periodic monitoring by trained professionals of water quality, which may lead to greater food security for the population.

KEYWORDS: Bakery industry; water; good manufacturing practices.

1 | INTRODUÇÃO

As padarias ou panificadoras são empresas que produzem e vendem pães e produtos de confeitaria. Estes estabelecimentos comerciais deixaram de ser responsáveis apenas pela fabricação artesanal e venda de pães frescos, biscoitos, bolos e outras guloseimas, passando também a fabricar uma gama de produtos alimentícios, os quais, quando de qualidade, garantem o sucesso de vendas e satisfazem as exigências do consumidor (CASARIL e ABREU, 2016).

Segundo dados estatísticos da Organização Mundial de Saúde (OMS), mais de 65% dos episódios de doenças de origem alimentar transcorrem do descuido higiênico-sanitário de manipuladores, das práticas inadequadas de processamento e da falta de higiene da estrutura física, utensílios e equipamentos (WHO, 2015). Sendo assim, a qualidade deixou de ser uma vantagem competitiva e se tornou requisito fundamental para a comercialização dos produtos, atraindo assim mais clientes (MORO, 2015).

A água de vários estabelecimentos, inclusive de panificadoras, pode ser utilizada como matéria-prima, ou até mesmo para a limpeza de utensílios e do ambiente. Alterações ocorridas em suas propriedades físico-químicas e microbiológicas podem comprometer sua qualidade, possuindo influência direta na saúde humana. Segundo Rocha et al. (2010), através da análise da água é possível a identificação de alguns microrganismos nocivos à saúde humana, como os coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Essas bactérias são comumente encontradas no trato intestinal de animais de sangue quente. Uma vez encontrada na água de consumo, demonstra que a higiene desse reservatório pode estar comprometida.

Dessa forma, o manual de Boas Práticas de Fabricação é indispensável em lugares onde existe a produção de alimentos, pois oferece um conjunto de procedimentos que devem ser atendidos pelos manipuladores e outros prestadores de serviços do estabelecimento, visando sempre manter a integridade do produto final. Além disso, ajuda na manutenção e higienização de equipamentos e utensílios presentes; no manejo correto de resíduos produzidos; na supervisão de higiene dos manipuladores; no transporte e armazenamento dos produtos; e na aplicação de documentos como o Procedimento Operacional Padronizado (POP) (TRÄSEL, 2014).

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições higiênico-sanitárias de duas panificadoras, através da aplicação da lista de verificação das BPF elaborado pela ANVISA presente na Resolução RDC 275/02 e realizar análises físico-químicas e microbiológicas da água dos reservatórios desses estabelecimentos, do município de Campina Grande, Paraíba.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi realizada em duas panificadoras, localizadas no município de Campina Grande – PB. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

2.2 Coleta de dados

Os dados foram coletados após a autorização dos proprietários das panificadoras para a realização do estudo, através de observações diretas e questionamentos aos funcionários e proprietários. As visitas às panificadoras foram realizadas no turno da manhã, no horário de 07:30 às 09:00, no horário de maior venda, permitindo observar a produção, e os procedimentos adotados.

2.3 Avaliação das condições higiênico-sanitárias

Como instrumento para a avaliação, foi realizado o preenchimento da lista de verificação (*check-list*) contida no anexo II da Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002 (BRASIL,2002). Esta era dividida em: 1-Edificações e Instalações; 2-Equipamentos, Móveis e Utensílios; 3- Manipuladores; 4-Produção e Transporte do Alimento e 5- Documentação. Para cada item apenas uma resposta deveria ser marcada: Sim, Não ou Não se aplica.

Para se obter o resultado da avaliação das condições higiênico-sanitárias, foi utilizada a fórmula 1, onde são considerados os itens julgados e os itens atendidos. As respostas SIM foram somadas e em seguida foi calculada a percentagem de adequação, por meio da equação (PA):

$$PA = \frac{\textit{itens atendidos} \times 100}{\textit{itens julgados}}$$

Onde: PA= Percentagem de adequação; Itens atendidos = número de respostas SIM; Itens julgados = número total de respostas (SIM e NÃO)

A partir desse cálculo, os estabelecimentos foram agrupados de acordo com o percentual dos itens atendidos em: Grupo 1: BOM (76 a 100 % de itens atendidos); Grupo 2: REGULAR (51 a 75 % dos itens atendidos); Grupo 3: RUIM (0 a 50 % dos itens atendidos).

2.4 Análises físico-químicas da água

Para as análises físico-químicas da água foram coletadas amostras de água das panificadoras, e foram realizadas análises de pH, alcalinidade, cloreto, dureza total, cor aparente, ferro e acidez carbônica, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.5 Análises microbiológicas da água

As amostras foram obtidas de torneiras localizadas em duas panificadoras situadas em Campina Grande. Os fracos utilizados foram autoclavados com tiosulfato de sódio, como o objetivo de neutralizar o cloro residual das amostras. As amostras foram acondicionadas em bolsas térmicas e transportadas para o Laboratório de Microbiologia da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, para posterior análise microbiológica

As amostras de água foram submetidas à pesquisa de coliformes totais e termotolerantes pela técnica do Número Mais Provável (NMP) e à pesquisa e identificação de *Escherichia coli*, seguindo os procedimentos da Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2006). Os coliformes totais são provenientes de água não tratada ou inadequadamente tratada. A presença de coliformes termotolerantes indica contaminação fecal recente, e a possível presença de patógenos. Cada amostra foi analisada separadamente, pelos mesmos métodos. Os meios utilizados para as análises foram: Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), Caldo Verde Brilhante Lactose Bile (VBBL), Caldo *Escherichia coli* (EC).

TESTE PRESUNTIVO - Para a aplicação da técnica dos tubos múltiplos, um método quantitativo que permite determinar o NMP (número máximo possível), tomou-se uma bateria contendo 15 tubos de ensaio distribuídos em 3 séries de 5 tubos. Nos primeiros 5 tubos, (os que contêm C.L. de concentração dupla) inoculou-se 10 mL de amostra da água a ser examinada (diluição 1:1). Nos 10 tubos restantes (os que contêm C.L. de concentração simples), inoculou-se nos 5 primeiros, 1 mL da amostra (diluição 1:10) em cada tubo e nos 5 últimos tubos, inoculou-se 0,1 mL da amostra, em cada tubo (diluição 1:100), em seguida incubada em estufa bacteriológica à temperatura de 37°C, $\pm 0,5$ durante 24 a 48 hrs. Todos os tubos foram previamente esterilizados, e manipulados ao redor do bico de Bunsen em capela de fluxo laminar. Depois da inoculação os tubos foram incubados a 35°C/48 h

TESTE CONFIRMATIVO - Os tubos foram avaliados, sendo considerados positivos os tubos que apresentassem turvação do meio e/ou formação de bolha no tubo de Durham. Em seguida retirou-se uma amostra dos tubos considerados positivos com alça de platina flambada e resfriada e inoculou-se no caldo verde brilhante bile, e incubados a 35°C durante 48 horas. Para se determinar o NMP, verificou-se a combinação formada pelo número de tubos positivos que apresentaram turvação do meio e produzirem gás.

Para determinação do NMP de *Escherichia coli*, foram retiradas amostras de todos os testes presuntivos positivos e inoculadas em caldo EC com Alça de platina Flambada e resfriada, verificando-se a combinação formada pelo número de tubos positivos e características de contaminação, após as 48 horas incubados em estufa a 44, 5°C.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Lista de verificação (*check-list*)

Os dados obtidos e analisados com a ficha de verificação (*check-list*) aplicada nos estabelecimentos estão representados na Tabela 1. Pode-se observar que panificadora “A” apresentou melhor percentagem, sendo classificada no Grupo 1 (BOM: 76 a 100 % de itens atendidos) considerado o de melhor qualidade higiênico-sanitária de acordo

com o programa de qualidade Boas Práticas de Fabricação – BPF. A panificadora “B” foi classificada no Grupo 2 (REGULAR: 51 a 75 % dos itens atendidos).

Itens avaliados	Panificadoras	
	A	B
Edificação e instalações (%)	73,91	41,79
Equipamentos, móveis e utensílios (%)	66,67	90,48
Manipuladores (%)	78,57	78,57
Produção e transporte de alimentos (%)	95,24	90,91

Tabela 1. Percentagem de adequação dos itens avaliados pelo check-list obtidos com a ficha de verificação aplicada em panificadoras do Município de Campina Grande – PB

Fonte: Autores (2018).

Ainda de acordo com a Tabela 1, a panificadora “A” teve a melhor percentagem no item de edificações e instalações. A mesma apresentava piso em bom estado de conservação, livres de rachaduras, buracos e defeitos. A panificadora “B” também atendia as exigências, porém não apresentou sistema de drenagem adequado. O teto e paredes da panificadora “A” apresentava acabamento liso, de cores claras, impermeáveis e de fácil higienização. A panificadora “B” não condizia com o que preconiza a RDC nº216 neste item, pois apresentavam teto e paredes com rachaduras e trincas, e não estavam em bom estado de conservação, explicado assim sua classificação no Grupo 3 (RUIM: 0 a 50% dos itens atendidos).

Nas panificadoras não havia portas com fechamento automático e com barreiras contra vetores. Na panificadora “A” as janelas eram dotadas de telas milimétricas, com o objetivo de impedir a entrada de vetores e pragas, já na panificadora “B”, não foi encontrado esse tipo de sistema. Em estudo realizado por Veiga *et al.* (2006), os autores destacaram a importância das telas milimétricas para a proteção dos alimentos, pois impedem a entrada de insetos e roedores, possibilitando uma menor probabilidade de contaminação desses alimentos. A

Figura 1 ilustra as médias dos resultados obtidos em cada panificadora avaliada a partir dos resultados obtidos a partir da percentagem de adequação dos itens avaliados pelo check-list (RDC nº 275).

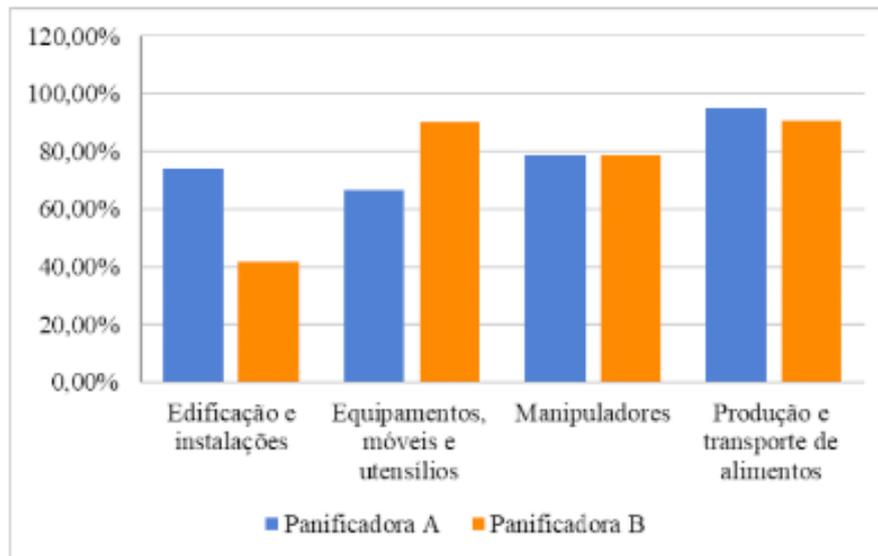


Figura 1: Média dos resultados obtidos das panificadoras do município de Campina Grande-PB

Fonte: Autores (2018).

Nas duas panificadoras as instalações sanitárias se encontravam isoladas da área de produção. Foi possível observar que não existia torneiras, portas com acionamento automático e avisos com procedimentos para lavagem das mãos. De acordo com a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, é necessário fixar cartazes de orientação aos manipuladores sobre a correta lavagem das mãos e demais hábitos de higiene nas instalações sanitárias e lavatórios (BRASIL, 2004). Foi verificado ainda, a utilização de toalhas de algodão em vez de toalhas de papel não recicláveis. Blair et al. (1995) avaliaram mãos de manipuladores de alimentos na Inglaterra, e afirmaram que a irregularidade mais comum encontrada foi à utilização de toalhas de tecido de algodão para secagem das mãos. Os autores verificaram que essas toalhas representavam importante fonte de contaminação devido à presença de elevados índices de microrganismos patogênicos. A panificadora “B” ainda apresentava péssimas instalações sanitárias, com piso e paredes em estado de conservação insatisfatório e lixeiras sem tampas.

Com relação aos lavatórios na área de produção, as panificadoras apresentavam número suficientes de lavatórios porém os mesmos não dispunham de torneiras com acionamento automático, nem presença de toalhas de papel não reciclável. Foi verificado a utilização de detergentes inadequados para a lavagem das mãos. Nas áreas de manipulação de alimentos devem existir lavatórios exclusivos para higienização das mãos, em posição estratégica em relação ao fluxo de preparo dos alimentos e em número suficiente. Os lavatórios devem possuir sabonetes líquidos inodoros antissépticos ou sabonetes líquidos inodoros e produto antisséptico, toalha de papel não reciclado e coletor de papel, acionado sem contato manual (BRASIL, 2004).

A iluminação era adequada para as atividades desenvolvidas, todavia nenhuma

das luminárias apresentava proteção adequada contra quebra. Na panificadora “B”, as instalações elétricas não eram embutidas e não estavam em bom estado de conservação.

Na panificadora “A”, a higienização do local de produção e das instalações são diárias e feitas por um responsável, e o manejo de resíduos é realizado de forma adequada, retirados frequentemente. Também há existência de uma área para a estocagem desses resíduos. O controle integrado de vetores e pragas urbanas da panificadora “B” é insatisfatório, visto que foi observada a presença de vetores urbanos, além do esgoto conectado com a rede pública não está em condições adequadas e satisfatórias.

As panificadoras utilizam o abastecimento público, e utilizam um sistema de adaptação própria. Esses reservatórios de água encontravam-se sem rachaduras e vazamentos, e possuíam uma higienização periódica por um responsável capacitado. As duas panificadoras fazem a potabilidade da água atestada por meio de laudos laboratoriais, porém não foi visto tais laudos.

A panificadora “A” teve menor percentagem no item II – equipamentos, utensílios e móveis. Apesar dos maquinários se encontrarem em bom estado de conservação, dispostos de forma a permitir fácil acesso e material e higienização adequados, não havia planilhas no estabelecimento com registro da temperatura dos equipamentos destinados ao processamento térmico, como refrigeradores e fornos, nem que comprovasse que o equipamento e maquinário passam por manutenção e calibração. Notou-se quem em ambas, o armazenamento dos utensílios era em local inapropriado e de forma desorganizada, facilitando a contaminação. Segundo Alves e Ueno (2010), os equipamentos e utensílios oferecem risco de contaminação dos alimentos. Portanto, há uma necessidade de adequação do processo de higienização através da conscientização dos manipuladores de alimentos, a fim de garantir a qualidade das refeições coletivas.

No item III - manipuladores, as panificadoras foram classificadas como boas. Nas duas, os manipuladores tinham o hábito de usar uniformes completos, de cor clara, limpos e bom estado de conservação, e tinham equipamentos de proteção individual (EPI's). Além disso, verificou-se também que os mesmos não utilizavam adornos, como relógio, brincos, pulseiras, colares e que seguiam o que preconiza as regras de BPF em relação a higiene pessoal de funcionários. Foi possível observar que os manipuladores faziam a lavagem correta e periódica das mãos e que também não fumavam na área de contato com alimentos ou praticavam outro ato que fosse contaminar os alimentos. Segundo Silva et al. (2005), as pessoas que manipulam alimentos desempenham função importante na preservação da higiene dos mesmos, visto que podem representar uma importante fonte de transmissão de patógenos.

Os funcionários de cada estabelecimento afirmaram fazer exames periódicos a pedido da empresa e que existia um programa de capacitação adequado e contínuo relacionado à higiene pessoal e manipulação dos alimentos. As contaminações

dos alimentos são acarretadas frequentemente pelos manipuladores, sendo eles os responsáveis diretos e indiretos por até 26% dos surtos de DTA's de origem bacteriana (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2015). Marques (2015), destaca que dentre as principais causas de não conformidade em panificadoras estão à falta de capacitação e rotatividade dos colaboradores. Cavalheiro et al (2014), em pesquisa sobre treinamento para manipuladores de alimentos, concluíram que a capacitação destes é fundamental e um grande aliado para a melhoria da segurança dos alimentos produzidos, disponibilizando no mercado consumidor um produto seguro.

Quanto ao item “produção e transporte dos alimentos”, observou-se que após a elaboração dos produtos de panificação, os mesmos eram deixados à temperatura ambiente até sua venda, em um ambiente limpo e protegido de vetores. Porém não há existência de um controle de qualidade ou programa de amostragem para análise laboratorial do produto final. Segundo Guimarães e Figueiredo (2010), armazenar o produto final em temperatura ambiente pode comprometer sua qualidade higiênico-sanitária. Apesar dos produtos terem sido submetidos a altas temperaturas no momento de sua produção, a exposição prolongada em temperatura ambiente e sem proteções adequadas contra insetos, pode causar a contaminação microbiológica desses alimentos.

Observou-se que nas duas panificadoras não existia nenhum Programa Operacional Padrão - POP e que os manipuladores não tinham o conhecimento sobre o mesmo. Todas as panificadoras avaliadas por Cardoso; Miguel; Pereira (2011), apresentaram menor conformidade no item de documentação e registro, pois nenhum dos estabelecimentos possui Manual de Boas Práticas (MBP) e Procedimento Operacional Padrão (POP). A elaboração de MBP é obrigatória para quaisquer estabelecimentos que trabalhem com a produção de alimentos. A aplicação dos POP's vem contribuir para a garantia das condições higiênico-sanitárias necessárias ao processamento/industrialização de alimentos, complementando as Boas Práticas de Fabricação (CARDOSO; MIGUEL; PEREIRA, 2011).

3.2 Análises físico-químicas da água

A Tabela 2 fornece os valores gerais referentes às médias dos parâmetros de pH, temperatura, acidez carbônica, alcalinidade, cloreto, dureza total, cor aparente, sólidos totais dissolvidos, ferro, e condutividade elétrica das águas das duas panificadoras.

Parâmetros avaliados	Panificadoras	
	A	B
pH	7,4	7,5
Temperatura	25,6	25,6
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	17,66	15,00
Acidez carbônica – Gás carbônico livre (CO ₂) (em termo CaCO ₃)	12,5	6,5
Cloreto (mg/L de Cl ⁻)	124,99	241,64
Dureza total (Mg ⁺² ; Ca ⁺²)	173,2	141,2
Dureza de Cálcio (mg/L de Ca ⁺²)	57,33	46,0
Dureza de Magnésio (mg/L de Mg ⁺²)	115,87	95,2
Cor aparente (μH)	0,00	1,6
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	207,33	186,06
Condutividade Elétrica (μS.cm ⁻¹)	428,53	372,36
Ferro (mg/L)	0,00	0,03

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos analisados das amostras de água correspondente das panificadoras

Fonte: Autores (2018).

A água analisada de cada panificadora corresponde à água de abastecimento público, e a mesma é utilizada como agente higienizante do local de produção e maquinário. No Brasil, os procedimentos e o controle da qualidade da água de sistemas de abastecimento público são estabelecidos pelos decretos nº 79.367/77 e 5.440/05 e pelas leis nº 8.078/90, 8.080/90 e 9.433/97 (BRASIL, 2005).

De acordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, o pH das águas para abastecimento público deve apresentar valores entre 6,0 e 9,5. As panificadoras “A” e “B” apresentaram pH igual a 7,4 e 7,5, respectivamente, ambas condizem com a legislação. Considera-se o pH como um parâmetro de caráter operacional, ou seja, deve ser acompanhada para aperfeiçoar os processos de tratamento e preservar as tubulações contra corrosões ou entupimentos (SOUSA et al, 2015). As temperaturas das águas das panificadoras não variaram (25,6 °C), isto pode ser justificado pelo fato do período de coleta e análises das amostras terem sido os mesmos. A legislação brasileira não estabelece valores para este parâmetro.

A alcalinidade de uma amostra de água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH. Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonato, carbonatos e hidróxidos, expressos em termos de Carbonato de Cálcio (NETO, 2013). A panificadora “A” apresentou 17,66 mg/L de CaCO₃ e a panificadora “B” 15,00 mg/L

de CaCO_3 . Água contendo até 100 mg/L de CaCO_3 é considerada como adequada para uso no abastecimento público. As duas panificadoras apresentaram-se dentro do limite.

De acordo com o Ministério da Saúde (2006), a origem da acidez tanto pode ser natural (CO_2) absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição de matéria orgânica ou antropogênica (despejos industriais, passagem da água por minas abandonadas). Os resultados de acidez carbônica para água das duas panificadoras foram de 12,5 e 6,5 para as panificadoras “A” e “B” respectivamente. Neto (2013), afirma que o gás carbônico livre existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L. Sua concentração pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibro-cimento) de um sistema de abastecimento de água e por essa razão o seu teor deve ser conhecido e controlado.

De acordo com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, o valor máximo permitido de ferro em água para abastecimento público é de 0,3 mg/L. Pode-se observar que as panificadoras “A” e “B”, apresentaram conformidade de acordo com a legislação, com 0,00 e 0,03 mg/L de ferro, respectivamente. Ainda em concordância com esta portaria, o valor de cloreto não deve ultrapassar 250 mg/L de Cl^- . A análise de cloreto determinou 124,99 mg/L de Cl^- na amostra da panificadora “A” e 241,64 mg/L de Cl^- da panificadora “B”.

A cor é uma medida que indica a presença na água de substâncias dissolvidas ou em suspensão coloidal (SOUZA et al, 2015). Segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde o valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 μH . As amostras das duas panificadoras mostram conformidade com a legislação, sendo os resultados obtidos 0,00 e 1,6 μH para a panificadora “A” e “B”, de modo respectivo.

Quanto ao teor de sólidos totais dissolvidos (STD), observa-se que o valor obtido na amostra de água da panificadora “A” foi superior a amostra da panificadora “B”. O parâmetro de sólidos totais dissolvidos corresponde ao somatório de todos os constituintes químicos dissolvidos na água, e o limite máximo estabelecido pela legislação é 1000 mg/L (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Em relação à condutividade elétrica, assim como no resultado dos sólidos totais dissolvidos, a panificadora “A” apresentou um resultado maior que a panificadora “B”. Acredita-se que esse resultado apresente relação com o termo de sólidos totais dissolvidos, pois a condutividade de uma água indica a sua capacidade de transmitir corrente elétrica, em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânion e cátion (BRASIL, 2014). Os valores obtidos nesta pesquisa foram similares aos resultados encontrados por Nóbrega e colaboradores (2015), ao analisar a qualidade da água de abastecimento da cidade de São Domingos – PB.

A dureza total é oriunda da presença de sais de cálcio e magnésio na água. Este parâmetro tem importância na área industrial, por ser responsável por problemas

de incrustações e corrosão. Além disso, esses sais podem proporcionar sabor desagradável à água de abastecimento possuindo efeito laxativo (BARCELLOS et al., 2006). Em referência à dureza total, as panificadoras estão de acordo com o valor máximo permitido (500 mg/L) pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, a legislação não estabelece limites para os parâmetros de dureza de cálcio e magnésio.

3.3 Análises microbiológicas da água

A análise da Tabela 3 evidencia que as amostras de água das duas panificadoras apresentaram-se em desacordo com as normas de potabilidade regulamentadas pela Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. Tendo em vista que não tolera em nenhuma amostra de água tratada a presença de coliformes termotolerantes e admiti a presença de coliformes totais em algumas situações no sistema de distribuição.

Panificadora	Coliformes Totais/100mL	Coliformes Termotolerantes/100mL
A	540 NMP/100mL	180 NMP/100mL
B	≥1.600 NMP/100mL	≥1.600 NMP/100mL

Tabela 3 – Valores de NMP/100mL de coliformes totais e termotolerantes nas amostras de água correspondentes as duas panificadoras do município de Campina Grande-PB

Fonte: Autores (2018).

Resultados semelhantes aos obtidos nesse trabalho foram relatados por Marques et al. (2016), em seu estudo microbiológico da água consumida pela população da Cidade de Queimadas – Paraíba, o mesmo constatou que 60% das amostras coletadas apresentaram coliformes fecais, 25% apresentaram coliformes fecais e totais e 15% das amostras ficaram isentas de coliformes fecais ou totais.

Siqueira et al. (2010), verificou, ao analisar água de consumo empregada em restaurantes universitários, que 62,5% das amostras analisadas estavam contaminadas por coliformes totais. O simples fato da presença de coliformes totais em amostras de água é suficiente para torná-la imprópria para consumo humano.

A presença de coliformes totais, não indica necessariamente que a água está contaminada por fezes e conseqüentemente por bactérias patogênicas, protozoários ou vírus, uma vez que sua presença pode ser detectada naturalmente na água, solo e plantas podendo ser organismos não especificamente intestinais (RUOCCO, 2010). Contudo esse grupo de bactérias atua como indicador de precárias condições higiênico-sanitárias.

O microrganismo utilizado como parâmetro indicador de contaminação fecal em humanos e em animais é a bactéria *Escherichia coli*. Cerca de 80% das infecções do sistema trato urinários é causado pela *E. coli*. A toxinfecção alimentar que é uma causa importante de gastroenterites, apendicite, entre outras comorbidades que a *Escherichia coli* causa (SOUSA et al, 2015).

Germano e Germano (2003), relatam que a água pode ser contaminada no ponto de origem, durante a sua distribuição, mas principalmente, nos reservatórios particulares, devido à vedação inadequada das caixas d'água e cisternas, e carência de um programa de limpeza e desinfecção regular e periódica.

4 | CONCLUSÃO

As panificadoras apresentaram uma série de irregularidades que de algum modo podem vir a trazer prejuízos tanto para o estabelecimento quanto para o cliente. Tais danos podem ser evitados através da adoção das boas práticas de fabricação estabelecidas pela ANVISA e pelo acompanhamento periódico, feito por profissionais capacitados, da qualidade da água utilizada, podendo assim estabelecer uma maior segurança alimentar para a população.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.G.; UENO, M. Restaurantes self service: segurança e qualidade sanitária dos alimentos servidos. **Revista de Nutrição**, v.23, n.4, p.573-580, 2010.

BARCELLOS, C. M. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, 2006.

BLAIR, I. S.; McCARTNEY, S.; McDOWELL, D. A. Hand hygiene in high risk meat retailing environments. **Hyg. Nut Food Serv. Cat.**, Maryland, v.1, n.2, p. 89-99, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 de maio de 2005.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. **FUNASA**, Brasília-DF, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 nov. 2002.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 2006. 213p.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. Seção 1. 26, 2004.

BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. **Ministério da Saúde**, Brasília, DF, 2011.

CARDOSO, M. F.; MIGUEL, V.; PEREIRA, C. A. M. Avaliação das condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação em panificadoras. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 211-217, abr./jun. 2011.

CASARIL, K. B. P. B.; ABREU, A. S. Verificação das condições higiênico-sanitárias de panificadoras em Francisco Beltrão, PR. **Revista brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 2, p. 2110-2125, 2016.

CAVALHEIRO, D.; RIGO, E.; BIZ, A. P.; PARISE, V. Treinamento para manipuladores de alimentos em serviços de alimentação. **UDESC EM AÇÃO – Edição Especial**, v. 8, n. 1, p. 240-246, 2014.

GERMANO P.M.L.; GERMANO M.I.S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. São Paulo: Varela; 2003.

GUIMARÃES, S. L.; FIGUEIREDO, E. L. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DE PANIFICADORAS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DO PARÁ-PA. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa - Paraná, v. 4, n. 2, p.198-206, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p.

MARQUES, A. L. et al. Água: Análise microbiológica e percepção dos consumidores da cidade de Queimadas – PB. **I CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO – CONIDIS**, 2016, Campina Grande – PB.

SEBRAE. **Painel do mercado da panificação e confeitaria**. São Paulo: SEBRAE, 2015.

MORO, M.F.; BEM, A.R.; WEISE, A.D.; REIS, C.C.C.; SCHMIDT, C.A.P. Avaliação das boas práticas de fabricação em uma panificadora: Um estudo de caso. **Espacios**, v. 36, n. 09, p. 14-25, 2015.

NETO, J. L. S. **Análise Físico-Química de parâmetros de qualidade da água de abastecimento de uma cidade localizada no alto do sertão do estado de Pernambuco**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química), Departamento de Química, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB. 2013. 30f.

NÓBREGA, M. D. A. C. et al. Análise físico-química e bacteriológica da água de abastecimento da cidade de São Domingos-PB. Pombal – PB: **Informativo Técnico do Semiárido (INTESA)**, v. 9, n. 1, p.10-14, jan-jun, 2015.

OLIVEIRA, N. S.; GONÇALVES, T. B. Avaliação microbiológica das 31 mãos de manipuladores de alimentos em creches da cidade de Juazeiro do Norte, CE. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**. Juazeiro no Norte, v. 3, n. 1, p. 1-8, ago. 2015.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2011.

ROCHA, E. S. et al. Análise microbiológica da água de cozinhas e/ou cantinas das instituições de ensino do município de Teixeira de Freitas (BA). **Revista Baiana Saúde Pública Miolo**, Teixeira de Freitas, v. 34, n. 3, p.694-705, set. 2010.

RUOCCO, B. P. **Análises microbiológicas de água tratada em creches municipais na região do São Francisco em Foz do Iguaçu-PR.** Foz do Iguaçu. 2010.

SILVA, J.O.; CAPUANO, D.M.; TAKAYANAGUI, O.M.; GIACOMETTI JÚNIOR, E. Enteroparasitoses e onicomicoses em manipuladores de alimentos do município de Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia** [online], v.8, n.4, p. 385-392, 2005.

SIQUEIRA L.P et al. Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. **Ciência & Saúde Coletiva** [online], vol.15, n.1, p.63-66, 2010.

SOUSA, R. A. et al. Análise físico-química e microbiológica da água consumida em bebedouros de creche no município de Coremas-PB. **INTESA – Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal-PB, v.9, n.2 p 24-27, Jun –Dez , 2015.

TRÄSEL, K. **Implantação de boas práticas de fabricação em empresa de chocolates artesanais em Arroio do Meio – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em química) - Centro Universitário, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS. 2014. 21p.

VEIGA, C.F.; DORO, D.L.; OLIVEIRA, K.M.P.; BOMBO, D.L. Estudo das condições sanitárias dos estabelecimentos comerciais de manipulação de alimentos do município de Maringá, PR. **Revista Higiene Alimentar**, v. 20, n. 138, p. 28-36, 2006.

WHO. World Health Organization. **Foodborne disease**, 2015.

ÓXIDO DE ZINCO (ZNO) E A DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DA CAFEÍNA

Lariana Negrão Beraldo de Almeida

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química – Maringá- Paraná

Giane Gonçalves Lenzi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento de Engenharia Química – Ponta Grossa - Paraná

Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento de Engenharia Química – Ponta Grossa - Paraná

Onelia Aparecida Andreo dos Santos

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química – Maringá- Paraná

RESUMO: O ZnO é um semicondutor que pode ser utilizado em reações fotocatalíticas devido ao seu baixo custo, forte capacidade de oxidação e por apresentar boas propriedades fotocatalíticas. Dentre muitas vantagens da utilização do ZnO na fotocatalise heterogênea tem-se que, este material, pode absorver uma ampla faixa de espectro solar e maior quantidade de irradiação do que alguns óxidos metálicos semicondutores. O comprimento de onda correspondente do ZnO é 425 nm. Procedimentos como tratamento térmico e adição de aditivos ou metais, podem alterar positivamente as características do ZnO e,

consequentemente, beneficiar os resultados da fotodegradação. Neste capítulo, serão apresentados resultados de degradação de cafeína utilizando ZnO impregnado ou não com Fe e Ag, bem como antes e após a calcinação a 400 °C. Além disso, caracterização de área específica, difração de raios X e espectroscopia fotoacústica, e comparação com a literatura atual sobre outras fotoreações contendo ZnO e cafeína também será retratado.

PALAVRAS-CHAVES: Cafeína, Degradação, Fotocatálise heterogênea, semicondutor, ZnO.

ABSTRACT: The ZnO is a semiconductor can be used in photocatalytic reactions due to its low cost, strong oxidation capacity and good photocatalytic properties. Among the many advantages of using ZnO in photocatalysis is that ZnO can absorb a wide range of solar spectrum and greater amount of light than some semiconducting metal oxides. The corresponding threshold of ZnO is 425 nm. Procedures such as thermal treatment, addition of additives or metals, can positively alter the characteristics of ZnO and consequently benefit the results of the photodegradation. In this chapter, will be presented results of caffeine degradation using ZnO impregnated or not with Fe and Ag, as well as before and after the calcination at 573 K. Moreover, characterization of specific area, X-Ray

diffraction and Photoacoustic spectroscopy, and comparison with current literature on other photoreactions containing ZnO will also be portrayed.

KEYWORDS: Caffeine, Degradation, Heterogeneous photocatalysis, semiconductor, ZnO.

1 | INTRODUÇÃO

Neste capítulo, o ZnO é apresentado como material semicondutor aplicado na fotodegradação da cafeína, uma substância muito comum encontrada em bebidas como cafés e chás, mas quando detectada em corpos hídricos e até em água para consumo humano, classifica-se como um contaminante de preocupação emergente, tais compostos são assim denominados por não haver legislação sobre o limite de descarte no meio ambiente, bem como seus efeitos aos seres humanos ainda são pouco conhecidos. Além do mais, a presença de tais substâncias nas matrizes aquáticas pode alertar sobre falhas no sistema de tratamento de efluentes e águas.

Diante desta problemática, pesquisadores estão buscando processos e técnicas que degradem e consigam mineralizar tais compostos classificados como contaminantes de preocupação emergente. Dentre os métodos pesquisados, tem-se os processos oxidativos avançados (POA's) que são capazes de degradar as moléculas orgânicas por meio da geração de radicais hidroxila muito reativos (DEWIL et al., 2017). O radical hidroxila pode ser produzido por meio de reações que envolvam radiação UV, de substâncias com forte potencial oxidante como ozônio (O_3) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), por semicondutores como o óxido de zinco (ZnO) e dióxido de titânio (TiO_2) ou ainda por meio das combinações destes (O_3/H_2O_2 , O_3/UV , H_2O_2/UV , entre outros) (AMORIM; LEÃO; MOREIRA, 2009; ARAÚJO et al., 2016).

Embora possam haver outros elementos presentes na reação que atuem na degradação do poluente, em geral, acredita-se que o radical hidroxila é o principal responsável por essa reação, na qual irá atacar o composto orgânico por meio da abstração de hidrogênio da molécula (AZBAR; YONAR; KESTIOGLU, 2004).

Os POA's podem ser divididos em homogêneos e heterogêneos. O sistema homogêneo contém apenas uma fase e pode ser classificado como: fotólise direta ou geração de radical hidroxila. Na fotólise direta, a luz ultravioleta (UV) é a fonte exclusiva a degradar o composto orgânico, já na geração de radical hidroxila utilizam-se oxidantes fortes como ozônio, peróxido de hidrogênio para a degradação, podendo estes serem conciliados ou não com a radiação. Já os POA's heterogêneos apresentam em seu sistema, semicondutores que participarão como catalisadores da reação, tais como em sistemas de eletro-fenton e a fotocatalise heterogênea (JARDIM, Wilson de Figueiredo; TEIXEIRA, 2004).

No processo de fotocatalise heterogênea, que é o POA em que daremos enfoque neste capítulo, alguns fatores podem influenciar a reação, tais como o pH, intensidade da fonte luminosa, concentração inicial do poluente e o semicondutor, no entanto, esse

último, merece uma atenção especial; sua escolha, custo e suas propriedades fazem toda diferença na reação química.

É neste ponto que surgem algumas perguntas como, qual melhor semicondutor a ser utilizado? O que é importante saber sobre suas características? Como fazer para melhorar o desempenho fotocatalítico do catalisador? A seguir, mostraremos algumas destas respostas aplicadas especificamente na degradação da cafeína.

2 | ZnO NA FOTODEGRADAÇÃO DA CAFEÍNA

2.1 Cafeína e sua presença no meio ambiente

A cafeína é uma substância orgânica pertencente à classe das metilxantinas, sua estrutura é caracterizada como 1,3,7-trimetilxantina tendo sua fórmula e peso molecular como $C_8H_{10}N_4O_2$ e $194,19 \text{ g mol}^{-1}$, respectivamente (MONTAGNER et al., 2014). Tal substância está presente em produtos alimentícios bastante consumidos no dia a dia, tais como café, chás e bebidas energéticas (MEJIA; RAMIREZ-MARES, 2014; MONTAGNER et al., 2014)

Após consumida, a cafeína é excretada pelo corpo humano por meio da urina e assim atinge o esgoto doméstico, que se for despejado sem tratamento prévio pode poluir o corpo hídrico receptor deste efluente, e quando detectada em corpos hídricos tal substância é classificada como um contaminante de preocupação emergente.

Um dos primeiros estudos a identificar tais contaminantes em corpos d'água foi realizado em 1998 por Thomas A. Ternes. O pesquisador detectou algumas drogas e metabólitos selecionados em um rio na Alemanha, concluindo que as etapas da estação de tratamento de esgoto local eram insuficientes para eliminar completamente tais compostos (TERNES, 1998).

Desde então, estudiosos encontraram diversos contaminantes emergentes nas mais diversas matrizes ambientais, tais como em efluentes da estação de tratamento de esgoto (KOSMA; LAMBROPOULOU; ALBANIS, 2010) em águas de superfície (KIM et al., 2007; MEFFE; BUSTAMANTE, 2014; PITARCH et al., 2016; ROBLES-MOLINA et al., 2014) E em águas para consumo humano (JARDIM et al., 2012; RODIL et al., 2012) e em águas subterrâneas (KONG et al., 2016; LAPWORTH et al., 2012; PITARCH et al., 2016)

2.2 POA: Fotocatálise heterogênea

Como mencionando anteriormente, os POA's são processos oxidativos que veem surgindo como tratamentos alternativos ou complementares para a degradação de poluentes orgânicos. A fotocatalise heterogênea se classifica como um POA, e tal processo acontece por meio da aceleração da taxa de uma determinada reação química induzida pela absorção da luz por um catalisador ou molécula existente

(GAYA, 2014). Em outras palavras, a reação de fotocatalise heterogênea, ocorre quando um fotocatalisador (semicondutor como TiO_2 e ZnO) recebe por irradiação, fótons de energia superior ou igual à sua energia de band gap, propiciando a transição eletrônica, ou seja, um elétron sai da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC) promovendo uma lacuna (h^+) na BV com potencial positivo e que por meio de moléculas de água adsorvidas na superfície do fotocatalisador, gera radicais hidroxila ($\text{HO}\cdot$) os quais posteriormente podem reagir com o poluente orgânico oxidando-o (HERRMANN, 2010; ZIOLLI; JARDIM, 1998).

Alguns fatores influenciam na reação fotocatalítica, tais como o pH, intensidade da fonte luminosa, concentração inicial do poluente e o semicondutor, no entanto, esse último, merece uma atenção especial, sua escolha, seu custo e suas propriedades fazem toda diferença na reação química.

Os fotocatalisadores comumente utilizados são semicondutores inorgânicos, que estão sob a forma de óxidos, sulfetos, compósitos e óxidos complexos, como por exemplo, o TiO_2 , ZnO , CdS , ZnS , entre outros, que em sua condição normal, os níveis de energia são descontínuos, não conduzem energia, contudo, quando em contato com fótons de energia igual ou maior à energia de band gap, ocorre a excitação eletrônica (ZIOLLI; JARDIM, 1998).

Como o processo de fotocatalise heterogênea tem como base a adsorção, a superfície do catalisador tem grande influência, devendo então ser fotoquimicamente resistente e fotoativa. Além disso, a cristalinidade, composição, área específica, a facilidade do processo de recombinação do par elétron-lacuna, podem também influenciar a reação fotocatalítica (GAYA, 2014).

2.3 ZnO como fotocatalisador

Um dos catalisadores mais utilizados é o TiO_2 , devido à sua fotoestabilidade e por não ser tóxico. No entanto, o ZnO vem ganhando bastante destaque entre os materiais selecionados para as reações de fotocatalise por se apresentar com baixo custo, forte capacidade de oxidação e boa propriedade fotocatalítica. É um pó branco, inodoro e insolúvel em água e pode ser utilizado como catalisador em indústrias de borracha, de pintura, de fertilizantes e de cosméticos (LEE et al., 2016) Estudos recentes têm utilizado o óxido de zinco em reações fotocatalíticas como semicondutor na degradação de poluentes, tais como: na degradação do fármaco Alprazolam (FINCUR et al., 2017), cafeína e do corante resazurina (BITENC et al., 2013), os compostos sulfametoxazol, trimetoprima e diclofenaco (CRUZ et al., 2010), corante violeta de metila (JEYASUBRAMANIAN; HIKKU; SHARMA, 2015) entre outros.

O óxido de zinco apresenta energia de band gap (3,3 eV) próxima à energia do TiO_2 na forma anatase, sendo assim, estima-se que a sua ação fotocatalítica seja parecida ao TiO_2 o que o torna uma alternativa na utilização em processos fotocatalíticos pois,

o ZnO é relativamente mais barato que o TiO₂. Outra característica interessante do composto é que ele consegue absorver uma ampla gama do espectro solar, contudo uma desvantagem é que pode ocorrer a fotocorrosão (LEE et al., 2016; MIRZAEI et al., 2016), ou seja, perda mássica de ZnO pela liberação de íons Zn⁺² na solução aquosa (HAN et al., 2014; VU et al., 2013)

Em relação à estrutura cristalina do ZnO ele pode apresentar três formas diferentes rocksalt, wurtzite e zinc blend. A estrutura rocksalt só é produzida sob altas pressões, sendo então a forma mais rara do óxido de zinco, já as estruturas wurtzite (hexagonal) e a zinc blend (cúbica) apresentam-se bem semelhantes tendo apenas o ângulo das unidades tetraédricas diferentes, sendo 60° para zinc blend e 0° para wurtzite. Das três, a estrutura mais comum é a wurtzite, pois apresenta maior estabilidade termodinâmica entre as demais estruturas (ASHRAFI; JAGADISH, 2007; LEE et al., 2016)

Ainda em relação à estrutura cristalina do ZnO, de acordo com Wang et al. (WANG et al., 2017) o óxido de zinco possui alguns defeitos intrínsecos, como por exemplo vacâncias de oxigênio e vacâncias de íons de zinco que podem desempenhar papel importante na atividade fotocatalítica do material, contudo, os pesquisadores revelam que grandes defeitos na estrutura do ZnO podem resultar em uma diminuição da atividade fotocatalítica, isto porque podem atuar como centros de recombinação do par elétron-lacuna. Bhatia e Verma (BHATIA; VERMA, 2017) verificaram experimentalmente que um aumento nos defeitos na superfície do ZnO, bem como a variação na energia de band gap do material melhorou a eficiência fotocatalítica do ZnO estudado.

Com o intuito de melhorar o desempenho fotocatalítico do catalisador, tratamentos térmicos, como a calcinação, podem ser aplicados, assim como a adição de compostos à superfície destes materiais, tais como metais de transição. Tem-se como exemplos: prata em Nb₂O₅ (SILVA et al., 2002) e em TiO₂ (CHAKER et al., 2016; LENZI et al., 2011) e catalisadores de TiO₂ dopados com diferentes metais tais como, cobre, ouro, zinco, paládio, ferro, alumínio, estanho (CORRADINI et al., 2008; DA SILVA; LANSARIN; MORO, 2013; MAHY et al., 2016).

2.4 Efeito da calcinação no ZnO na fotodegradação da cafeína

A calcinação é uma reação endotérmica, ou seja, a reação direta é favorecida por altas temperaturas. É um tratamento térmico aplicado à sólidos, e que pode remover impurezas e componentes orgânicos rapidamente, assim como modificar a estrutura, área específica e a distribuição dos sítios ativos na superfície do sólido (ALMEIDA et al., 2017; STANMORE; GILOT, 2005)

Em 2017, realizou-se um estudo (ALMEIDA et al., 2017) para verificar e comparar a atuação do ZnO não calcinado e calcinado em quatro etapas, na degradação da cafeína. O processo de calcinação seguiu as seguintes condições: partiu-se da temperatura de 25 °C, com uma taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹ foi para 100 °C,

no qual permaneceu por 30 min, em seguida foi para 200 e 300 °C da mesma forma, e por último atingiu 400 °C e permaneceu por 240 min.

Por meio da caracterização foi possível verificar que houve algumas alterações no ZnO não calcinado e pós calcinação, o que refletiu no desempenho fotocatalítico. Os resultados da área específica, volume de poro, diâmetro médio de poro, energia de band gap e comprimento de onda de absorção são mostrados na Tabela 1.

Catalisador	Área específica (m² g⁻¹)	Volume de poro (cm³ g⁻¹)	Diâmetro médio de poro (Å)	Band gap (eV)	Comprimento de onda de absorção (nm)
ZnO não calcinado	7.895	0.01154	29.23	3.12	398
ZnO calcinado	9.835	0.01285	26.12	3.11	399

Tabela 1. Características do ZnO calcinado e não calcinado aplicado à fotodegradação da cafeína.

Além do mais, na caracterização de difração de Raios-X (DRX) ambos catalisadores apresentaram estrutura cristalina wurtzite hexagonal, mostrando que o tratamento térmico à 673 K não modificou a estrutura cristalina do ZnO. Em relação a área específica nota-se que houve um aumento quando o ZnO fora calcinado que pode ser referido à liberação de resíduos adsorvidos na superfície do catalisador, e conseqüentemente o aumento da área específica. Além disso a calcinação em mais de uma etapa pode ser utilizada para produzir poros e amostras uniformes, a temperatura de calcinação, tempo e a taxa de aquecimento pode ser ajustado para modular tamanho, morfologia e cristalinidade dos materiais (PAN et al., 2016).

Já para os valores de band gap e conseqüentemente do comprimento de onda de absorção, verifica-se que tal processo de calcinação em 4 etapas não alterou expressivamente os valores.

Em relação à aplicação do ZnO calcinado e não calcinado na degradação da cafeína, a Figura 1 apresenta o comportamento do composto orgânico durante o tempo de reação.

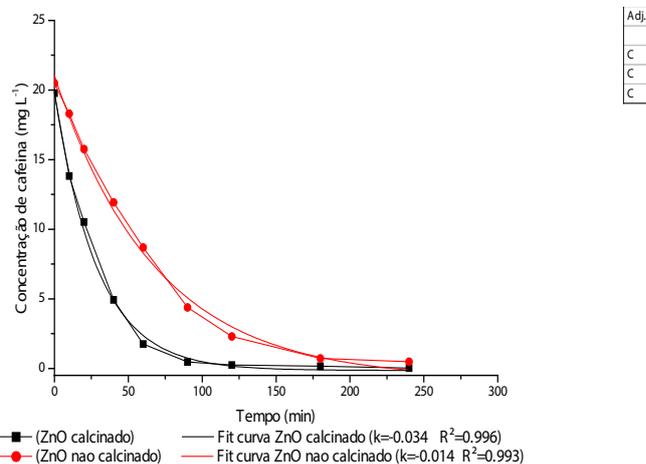


Figura 1. Evolução da concentração de cafeína durante a reação de fotodegradação com ZnO calcinado e não calcinado.

Nota-se que ambos os catalisadores foram eficazes na degradação da cafeína, sendo que o catalisador calcinado apresentou uma resposta mais rápida à reação, em outras palavras, degradou mais rapidamente o composto orgânico. Isso é comprovado pela constante de velocidade da reação (k) que foi obtida por meio do ajuste não linear, o valor k para o ZnO calcinado foi superior ao valor do k para ZnO não calcinado. Tal comportamento está relacionado às características do material que se apresentaram mais favoráveis à reação, em especial a área específica que exibiu a maior diferença.

2.5 Efeito da Adição de Metais À Superfície do ZnO na Degradação da Cafeína

A adição de metais à superfície de catalisadores, não é uma prática nova no meio fotocatalítico, contudo, há uma vasta possibilidade de combinação de metais com o semicondutor na aplicação nas mais diversas reações.

Algumas pesquisas em variadas aplicações já revelaram resultados positivos quanto a incorporação de metais à superfície de ZnO, tais como: Ag em ZnO na degradação do azul de metileno (HEIGHT et al., 2006; NGHIA et al., 2012), Fe em ZnO na degradação do Rhodamina B (RhB) (YI et al., 2014), Fe em ZnO na decomposição aquosa do p-nitrofenol (ROKHSAT; KHAYATIAN, 2018), Sr^{2+} em ZnO na oxidação fotocatalítica do laranja de metila e no azul de metileno (KUMARAN; MURALEEDHARAN, 2017), dentre outros.

Neste tópico será apresentado resultados da degradação da cafeína utilizando ZnO com ferro e prata e comparar-se-á aos resultados obtidos pela literatura atual.

Os catalisadores de ZnO dopados com Fe e Ag foram preparados pelo método de impregnação via úmida como descrito em (LENZI et al., 2011). A carga metálica nominal de prata e ferro impregnada em ZnO foi de 8% em peso de Ag e 8% em peso de Fe

Os testes fotocatalíticos foram realizados com solução de cafeína com concentração de 20 mg L^{-1} em água ultrapura, com quantidade de catalisador de $0,3 \text{ g L}^{-1}$. A reação foi conduzida em reator de vidro de formato cilíndrico, com sistema de refrigeração (encamisado) e agitação magnética constante. Além disso o reator manteve-se aberto ao ambiente durante todo o tempo de reação e em tempos determinados amostras foram coletadas e filtradas (para separação do catalisador) e as leituras realizadas em espectrofotômetro UV-Vis.

A Figura 2 mostra os materiais utilizados como catalisadores e a Figura 3 apresenta os resultados obtidos para os catalisadores de ZnO dopados com Fe e Ag na fotodegradação da cafeína.

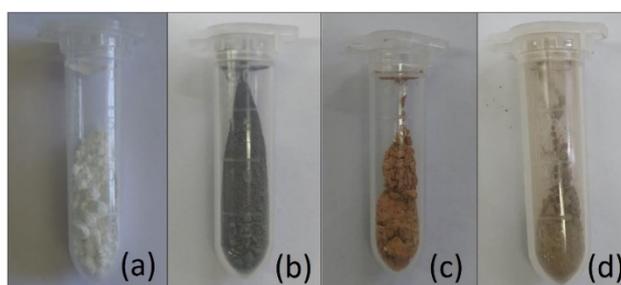


Figura 2. Catalisadores (a) ZnO, (b) 8%Ag-ZnO, (c) 8%Fe-ZnO and (d) 8%Ag-8%Fe-ZnO

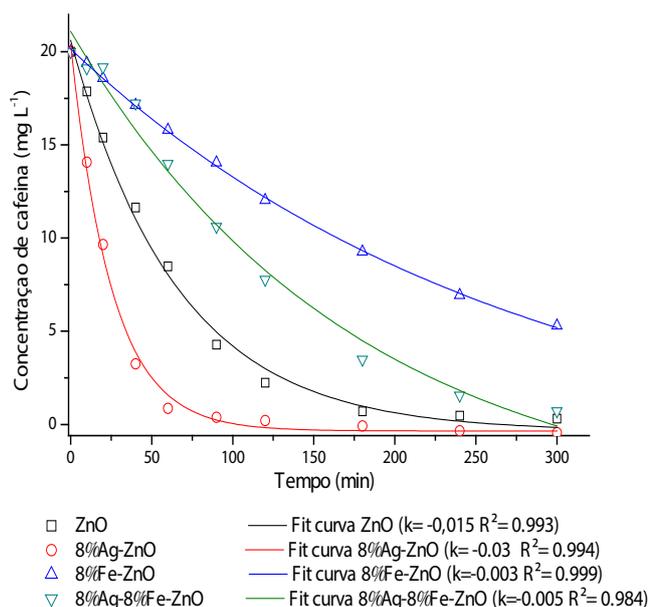


Figura 3. Degradação da cafeína com ZnO dopado com Fe e Ag.

Primeira observação é em relação à coloração dos materiais. Como dito anteriormente o ZnO se apresenta como um pó branco, já com a adição de Ag o material passou a apresentar uma coloração cinza e quando adicionado Fe, uma coloração marrom. Já para a adição simultânea de Fe e Ag a coloração marrom predominou.

Quando observamos a Figura 3, nota-se que os quatro catalisadores utilizados apresentaram uma boa degradação da cafeína ao final dos 300 minutos de reação,

seguinte ordem decrescente: 8%Ag-ZnO, ZnO, 8%Ag-8%Fe-ZnO e 8%Fe-ZnO. Para auxiliar a compreensão do comportamento dos materiais testados, algumas caracterizações foram realizadas:

Difração de raios-X (DRX): As análises dos materiais foram realizadas em um difratômetro Rigaku-Denki com radiação Cu-K α ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$) a uma tensão de 140 V e uma corrente de 40 mA. Os padrões obtidos foram então comparados com os cartões de dados de difração do Joint Committee of Powder Drifraction Standards.

Propriedades dos poros (Método B.E.T.): Área específica, diâmetro médio dos poros e volume de poros foram estabelecidos usando um analisador QUANTACHROME - Modelo Nova-1200 com adsorção de N $_2$ a 77 K. As amostras foram previamente submetidas a um tratamento térmico a 573 K, sob vácuo de 2 horas para eliminar a água os poros dos sólidos.

Espectroscopia fotoacústica: As análises para determinação da energia de band gap e o comprimento de onda de absorção foram realizadas seguindo as mesmas condições descritas em (ALMEIDA et al., 2017).

Os resultados da caracterização são apresentados na Figure 4 e Tabela 2.

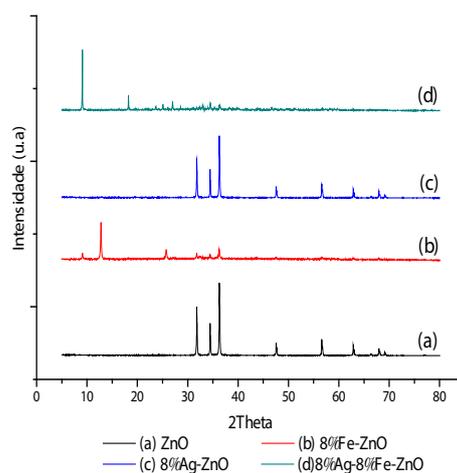


Figura 4. DRX para os catalisadores de ZnO puro e dopados com Fe e Ag.

Catalisador	Área específica (m 2 g $^{-1}$)	Volume de poro (cm 3 g $^{-1}$)	Diâmetro médio de poro (Å)	Band Gap (eV)	Comprimento de onda de absorção (nm)
ZnO	08	0.0115	29	3.12	397
8%Ag-ZnO	08	0.0113	29	3.92	316
8%Fe-ZnO	11	0.0161	31	3.37	367
8%Ag-8%Fe-ZnO	05	0.0071	28	3.33	372

Tabela 2. Área específica, volume de poro, diâmetro médio de poro, band gap e comprimento de onda de absorção para os catalisadores estudados.

Quanto ao DRX apresentado na Figura 4, nota-se que todos os materiais apresentaram ZnO na forma hexagonal wurtzite, sendo esta a mais comum para este material. Os picos característicos desta forma cristalina estão localizados em aproximadamente $2\Theta=32, 34, 36, 47, 57, 62$ e 68° . Logo verifica-se que o processo de adição de metais à superfície do ZnO não modificou a estrutura cristalina do material, embora os picos característicos apresentaram menor intensidade quando apenas com Fe e com Fe e Ag. Em relação ao catalisador com 8%Ag e 8%Fe, foi identificado picos característicos ao nitrato de Ag (AgNO_3) e óxido Fe (Fe_3O_4), respectivamente; ambos com forma cristalina ortorrômbica. Yi et al. (2014) estudaram catalisadores à base de ZnO dopados com ferro, também observaram menor intensidade nos picos característicos de ZnO com a adição do metal. Os autores relacionaram esta redução de cristalinidade da partícula devido à incorporação do metal no material.

Para o catalisador bimetálico contendo Fe e Ag, foi possível identificar, hidróxido de zinco nitrato hidratado ($\text{Zn}_5(\text{OH})_8(\text{NO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$) em sistema cristalino monoclinico e nitrato de prata (AgNO_3) com cristalinidade ortorrômbica. Contudo, não foi possível identificar ferro na estrutura do material.

Sobre a análise textural e de espectroscopia fotoacústica, os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram que a adição apenas de Ag não modificou o tamanho da área específica e o diâmetro médio de poro, contudo, diminuiu o volume de poro. Quando adicionado apenas Fe ao ZnO, nota-se um pequeno aumento em todas as variáveis. Por outro lado, a adição simultânea de Fe e Ag diminuiu a área específica, volume de poro e o diâmetro médio de poro. Tais modificações podem ser consideradas pequenas, mas que provavelmente favoreceram ou não, a performance dos catalisadores durante a reação. Além disso, de modo geral, a adição tanto de prata quanto de Fe aumentou a energia de band gap do ZnO mas todos os catalisadores apresentaram comprimento de onda de absorção na região do ultravioleta < 400 nm. De acordo Rodnyi e Khodyuk (2011) a adição de alguns elementos, tais como Ga, In, Mg, pode provocar um deslocamento da borda de adsorção óptica dos cristais fazendo com que o valor do band gap aumente.

Analisando os dados das caracterizações com os resultados da fotodegradação da cafeína, verifica-se que a adição de ferro na superfície do ZnO, tanto na composição do catalisador monometálico (8%Fe-ZnO) quanto na composição do catalisador bimetálico (8%Ag-8%Fe-ZnO), não favoreceu o desempenho do catalisador. Na presença de 8%Fe-ZnO e de 8%Ag-8%Fe-ZnO, a degradação da cafeína foi de aproximadamente 73,5% e de 96,4%, respectivamente para 300 min de reação.

Por sua vez, a adição de prata na superfície do ZnO, na composição do catalisador monometálico (8%Ag-ZnO), aumentou a atividade catalítica com relação ao ZnO puro, visto que o catalisador com apenas Ag apresentou na primeira hora de reação uma degradação aproximadamente de 96%.

No presente estudo, a adição de Ag na superfície do ZnO aumentou a energia de band gap do material (3,12 eV para 3,9 eV para as amostras ZnO puro e 8%Ag-ZnO,

respectivamente) o que teoricamente não deveria favorecer a reação de degradação, no entanto, em relação aos componentes presentes na amostra, determinados pela análise de difração de raios-x, há uma diferença na composição da estrutura do catalisador 8%Ag/ZnO, ou seja, foi observado a presença de nitrato de prata (AgNO_3). Desta forma, provavelmente, o nitrato de prata favoreceu a atividade catalítica do ZnO por ter evitado que o processo de recombinação do par elétron-lacuna acontecesse. Hsu e Chang (2014) sintetizaram nanobastões de Ag em ZnO em malhas de arame de aço inoxidável, e estudaram tais catalisadores na degradação de corante alimentício Black 2; os autores verificaram que a adição de Ag na superfície de ZnO promoveu a separação de pares de elétron-lacunas fotoinduzidos, aumentando a atividade fotocatalítica do material.

Para melhor visualização do desempenho do nosso catalisador com os outros já descritos na literatura tem-se a Tabela 3.

A Tabela 3 apresenta uma comparação com os estudos já encontrados na literatura sobre a degradação da cafeína utilizando ZnO como fotocatalisador.

Catalisador	Preparação do catalisador	Processo utilizado	Resultado	Referência
8%Ag-ZnO	Método de impregnação	Fotocatálise	95.7% em 60 min 99% em 120 min 100% em 240 min	Nosso estudo
5%Ag-ZnO- Al_2O_3	Co precipitação + processo cerâmico	Fotocatálise	100% em 55 min	(ELHALIL, Alaâeddine et al., 2017)
1%Mg-ZnO- Al_2O_3	Co precipitação + processo cerâmico	Fotocatálise	98.9% em 70 min	(ELHALIL, A et al., 2018a)
5%Ca-ZnO- Al_2O_3	Co precipitação + processo cerâmico	Fotocatálise	98.5% em 70min	(ELHALIL, A et al., 2018b)
ZnO/ZEO compoóitos; 6.1% em peso	Método de impregnação	Adsorção + Fotocatálise	60% em 120 – adsorção 100% em 120 min - fotocatalise	(SACCO; VAIANO; MATARANGOLO, 2018)

Tabela 3. Comparação com estudos reportados na literatura atual com diferentes catalisadores de ZnO na degradação da cafeína.

Pela Tabela 3, é possível observar que nosso estudo proporciona ótimos desempenhos para a degradação da cafeína por fotocatalise heterogênea utilizando o ZnO com Ag como fotocatalisador. Além de apresentar uma metodologia de síntese muito simples e com baixos custos.

3 | CONCLUSÃO

A partir desse estudo é possível observar que o ZnO tem se apresentado um

material promissor em reações de fotocatalise heterogênea. Essa tendência está relacionada as boas propriedades de fotoestabilidade e fotoatividade que o óxido de zinco pode proporcionar. Em relação à aplicação do ZnO à degradação do composto orgânico, cafeína, nota-se que a calcinação pode favorecer o desempenho do ZnO isso porque, o tratamento térmico pode aumentar a área específica e diminuir a energia de band gap, fatos estes que favorecem a reação. Em paralelo ao tratamento térmico que pode apresentar melhoras às características do ZnO como fotocatalisador, a adição de metais à superfície do material pode mostrar-se atraente também. No presente estudo, provou-se que a adição de prata favoreceu a fotoreação de degradação da cafeína, contudo a adição simultânea de Fe and Ag bem como apenas a adição de Fe prejudicou o ZnO. Provavelmente o composto orgânico apresenta maior facilidade em ser adsorvida na superfície do catalisador contendo prata no estado de oxidação mais alto, óxido de prata, ou ainda na forma de nitratos de prata. Além da presença do metal à superfície, pode ter dificultado a recombinação do par elétron-lacuna. Diversas combinações de metais com ZnO podem ser feitas e testadas a fim de encontrar-se a melhor proporção e condições para aplicação em reações fotocatalíticas a fim de aplicá-las em tratamentos de água.

4 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao COMCAP e a UTFPR pelas análises realizadas e ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.N.B. et al. Performance Evaluation of Catalysts of ZnO in Photocatalytic Degradation of Caffeine Solution. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, p. 667–672, 2017.

AMORIM, Camila Costa De; LEÃO, Mônica Maria Diniz; MOREIRA, Regina de Fátima Peralta Muniz. Comparison of Various Advanced Oxidation Processes for Azo Dye Degradation. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 14, p. 543–550, 2009.

ARAÚJO, Karla Santos De et al. Advanced Oxidation Processes: A Review of Fundamentals and Applications in the Treatment of Urban and Industrial Wastewaters. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, p. 387–401, 2016.

ASHRAFI, A; JAGADISH, C. Review of Zincblende ZnO : Stability of Metastable ZnO Phases. **Journal of Applied Physics**, v. 102, p. 01-12, 2007.

AZBAR, N; YONAR, T; KESTIOGLU, K. Comparison of Various Advanced Oxidation Processes and Chemical Treatment Methods for COD and Color Removal from a Polyester and Acetate Fiber Dyeing Effluent. **Chemosphere**, v. 55, p. 35–43, 2004.

BHATIA, Sonik; VERMA, Neha. Photocatalytic Activity of ZnO Nanoparticles with Optimization of Defects. **Materials Research Bulletin**, v. 95, p. 468–476, 2017.

BITENC, Marko et al. The Impact of ZnO Load , Stability and Morphology on the Kinetics of the

- Photocatalytic Degradation of Caffeine and Resazurin. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 137, p. 202–209, 2013.
- CHAKER, H et al. Photocatalytic Degradation of Methyl Orange and Real Wastewater by Silver Doped Mesoporous TiO₂ Catalysts. **Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry**, v. 318, p. 142–149, 2016.
- CORRADINI, S. A.da S. et al. Characterization and Hydrogenation of Methyl Oleate over Ru/TiO₂, Ru-Sn/TiO₂ Catalysts. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 354, p. 4865–4870, 2008.
- CRUZ, Lutécia H et al. Photocatalytic Degradation of Sulfametoxazole, Trimethoprim and Diclofenac in Aqueous Solutions. **Química Nova**, v. 33, n. 6, p. 1270–1274, 2010.
- DA SILVA, William Leonardo; LANSARIN, Marla Azário; MORO, Celso Camilo. Synthesis, Characterization and Photocatalytic Activity of Nanostructured TiO₂ Catalysts Doped with Metals. **Química Nova**, v. 36, p. 382–386, 2013.
- DEWIL, Raf et al. New Perspectives for Advanced Oxidation Processes. **Journal of Environmental Management**, v. 195, p. 93–99, 2017.
- ELHALIL, A et al. Photocatalytic Degradation of Caffeine as a Model Pharmaceutical Pollutant Mg Doped ZnO-Al₂O₃ Heterostructure. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, 2018a.
- ELHALIL, A et al. Synthesis, Characterization and Efficient Photocatalytic Activity of Novel Ca / ZnO-Al₂O₃ Nanomaterial. **Materials Today Communications**, v. 16, p. 194–203, 2018b.
- ELHALIL, Alaâeddine et al. Enhanced Photocatalytic Degradation of Caffeine as a Model Pharmaceutical Pollutant by Ag-ZnO-Al₂O₃ Nanocomposite. **Desalination and Water Treatment**, v. 94, p. 254–262, 2017.
- FINCUR, Nina L et al. Removal of Alprazolam from Aqueous Solutions by Heterogeneous Photocatalysis: Influencing Factors, Intermediates, and Products. **Chemical Engineering Journal**, v. 307, p. 1105–1115, 2017.
- GAYA, Umar Ibrahim. **Heterogeneous Photocatalysis Using Inorganic Semiconductor Solids**. [S.l.: s.n.], 2014. v. 39.
- HAN, Chuang et al. Improving the Photocatalytic Activity and Anti-Photocorrosion of Semiconductor ZnO by Coupling with Versatile Carbon. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 16, p. 16891–16903, 2014.
- HEIGHT, Murray J. et al. Ag-ZnO Catalysts for UV-Photodegradation of Methylene Blue. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 63, p. 305–312, 2006.
- HERRMANN, Jean-marie. Photocatalysis Fundamentals Revisited to Avoid Several Misconceptions. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 99, p. 461–468, 2010.
- HSU, Mu-hsiang; CHANG, Chi-jung. Ag-Doped ZnO Nanorods Coated Metal Wire Meshes as Hierarchical Photocatalysts with High Visible-Light Driven Photoactivity and Photostability. **Journal of Hazardous Materials**, v. 278, p. 444–453, 2014.
- JARDIM, Wilson de Figueiredo; TEIXEIRA, Claudia Poli de Almeida Barêa. **Caderno Temático - Processos Oxidativos Avançados**. Campinas: UNICAMP, 2004. v. 03.
- JARDIM, Wilson F. et al. An Integrated Approach to Evaluate Emerging Contaminants in Drinking Water. **Separation and Purification Technology**, v. 84, p. 3–8, 2012.

- JEYASUBRAMANIAN, K.; HIKKU, G. S.; SHARMA, R. Krishna. Photo-Catalytic Degradation of Methyl Violet Dye Using Zinc Oxide Nano Particles Prepared by a Novel Precipitation Method and Its Anti-Bacterial Activities. **Journal of Water Process Engineering**, v. 8, p. 35–44, 2015.
- KIM, Sang D et al. Occurrence and Removal of Pharmaceuticals and Endocrine Disruptors in South Korean Surface , Drinking , and Waste Waters. **Water Research**, v. 41, p. 1013–1021, 2007.
- KONG, Lingxiao et al. Screening of 1300 Organic Micro-Pollutants in Groundwater from Beijing and Tianjin, North China. **Chemosphere**, v. 165, p. 221–230, 2016.
- KOSMA, Christina I; LAMBROPOULOU, Dimitra A; ALBANIS, Triantafyllos A. Occurrence and Removal of PPCPs in Municipal and Hospital Wastewaters in Greece. **Journal of Hazardous Materials**, v. 179, p. 804–817, 2010.
- KUMARAN, Nimisha N; MURALEEDHARAN, K. Photocatalytic Activity of ZnO and Sr 2+ Doped ZnO Nanoparticles. **Journal of Water Process Engineering**, v. 17, p. 264–270, 2017.
- LAPWORTH, D J et al. Emerging Organic Contaminants in Groundwater : A Review of Sources , Fate and Occurrence. **Environmental Pollution**, v. 163, p. 287–303, 2012.
- LEE, K M et al. Recent Developments of Zinc Oxide Based Photocatalyst in Water Treatment Technology: A Review. **Water Research**, v. 88, p. 428–448, 2016.
- LENZI, G G et al. Photocatalytic Reduction of Hg (II) on TiO₂ and Ag/TiO₂ Prepared by the Sol – Gel and Impregnation Methods. **Desalination**, v. 270, p. 241–247, 2011.
- MAHY, Julien G et al. Towards a Large Scale Aqueous Sol-Gel Synthesis of Doped TiO₂: Study of Various Metallic Dopings for the Photocatalytic Degradation of Pnitrophenol. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 329, p. 189–202, 2016.
- MEFFE, Raffaella; BUSTAMANTE, Irene. Emerging Organic Contaminants in Surface Water and Groundwater: A First Overview of the Situation in Italy. **Science of the Total Environment**, v. 481, p. 280–295, 2014.
- MEJIA, Elvira Gonzalez; RAMIREZ-MARES, Marco Vinicio. Impact of Caffeine and Coffee on Our Health. **Trends in Endocrinology and Metabolism**, v. 25, n. 10, p. 489–492, 2014.
- MIRZAEI, Amir et al. Removal of Pharmaceuticals and Endocrine Disrupting Compounds from Water by Zinc Oxide-Based Photocatalytic Degradation : A Review. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, p. 407–418, 2016.
- MONTAGNER, Cassiana C et al. **Cafeína Em Águas de Abastecimento Público No Brasil. Capítulo 1- A Cafeína No Ambiente**. [S.l: s.n.], 2014.
- NGHIA, Nguyen Van et al. Preparation and Characterization of Silver Doped ZnO Nanostructures. **Open Journal of Synthesis Theory and Applications**, v. 1, p. 18–22, 2012.
- PAN, Lun et al. MOF-Derived C-Doped ZnO Prepared via a Two-Step Calcination for Efficient Photocatalysis. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 189, p. 181–191, 2016.
- PITARCH, Elena et al. Comprehensive Monitoring of Organic Micro-Pollutants in Surface and Groundwater in the Surrounding of a Solid-Waste Treatment Plant of Castellón, Spain. **Science of the Total Environment**, v. 548–549, p. 211–220, 2016.
- ROBLES-MOLINA, José et al. Monitoring of Selected Priority and Emerging Contaminants in the

Guadalquivir River and Other Related Surface Waters in the Province of Jaén, South East Spain. **Science of the Total Environment**, v. 479–480, p. 247–257, 2014.

RODIL, Rosario et al. Emerging Pollutants in Sewage, Surface and Drinking Water in Galicia (NW Spain). **Chemosphere**, v. 86, p. 1040–1049, 2012.

RODNYI, P A; KHODYUK, I V. Optical and Luminescence Properties of Zinc Oxide (Review). **Optics and Spectroscopy**, v. 111, p. 776–785, 2011.

ROKHSAT, Eliza; KHAYATIAN, Ali. Enhanced Photocatalytic Activity of Fe Doped ZnO Hierarchical Nanosheets on the Degradation of P- Nitrophenol under Visible Light. **Inorganic and Nano-Metal Chemistry**, p. 1–7, 2018.

SACCO, Olga; VAIANO, Vincenzo; MATARANGOLO, Mariantonietta. ZnO Supported on Zeolite Pellets as Efficient Catalytic System for the Removal of Cadmium by Adsorption and Photocatalysis. **Separation and Purification Technology**, v. 193, p. 303–310, 2018.

SILVA, M K et al. Evaluation of Nb₂O₅ and Ag/Nb₂O₅ in the Photocatalytic Degradation of Dyes from Textile Industries. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 19, p. 359–363, 2002.

STANMORE, B. R.; GILLOT, P. Review-Calcinación and Carbonation of Limestone During Thermal Cycling for CO₂ Sequestration. **Fuel Processing Technology**, v. 86, p. 1707–1743, 2005.

TERNES, Thomas A. Occurrence of Drugs in German Sewage Treatment Plants and Rivers*. **Water Research**, v. 32, p. 3245–3260, 1998.

VU, Tan T. et al. Fabrication of Wire Mesh-Supported ZnO Photocatalysts Protected against Photocorrosion. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 140–141, p. 189–198, 2013.

WANG, Hui et al. Interface-Defect-Mediated Photocatalysis of Mesocrystalline ZnO Assembly Synthesized in-Situ via a Template-Free Hydrothermal Approach. **Applied Surface Science**, v. 412, p. 517–528, 2017.

YI, Shasha et al. Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activity of Fe / ZnO for Rhodamine B Degradation and Its Photogenerated Charge Transfer Properties. **Applied Surface Science**, v. 319, p. 230–236, 2014.

ZIOLLI, Roberta Lourenço; JARDIM, Wilson F. Mechanism Reactions of Photodegradation of Organic Compounds Catalyzed by TiO₂. **Quimica Nova**, v. 21, p. 319–325, 1998.

INFRAESTRUTURA DE SÍTIOS INSTITUCIONAIS UTILIZANDO CONTÊINERES DOCKER

Carlos Vinícius Braga dos Santos

Universidade de Brasília – UnB

Brasília - DF

carlosvbs@unb.br

Felipe Evangelista dos Santos

Universidade de Brasília – UnB

Brasília - DF

felipesantos@unb.br

Luiz Carlos Barbosa Martins

Universidade de Brasília – UnB

Brasília - DF

luizmartins@unb.br

RESUMO: Este artigo descreve a migração da infraestrutura de sítios institucionais no qual utilizava-se jaulas (jails/chroot) para o uso dos contêineres através do Docker, criando uma nova infraestrutura com um nó central de requisições (proxy) junto com a implementação de vários mecanismos de segurança que não estavam habilitados. O nosso objetivo é ter uma infraestrutura simples de gerenciar e manter, possibilitando a expansão e a atualização, conforme a necessidade, sem interferir no eco sistema e nos outros sítios.

PALAVRAS-CHAVE: Docker, contêiner, jaulas, sítios.

1 | INTRODUÇÃO

Com a expansão das aplicações Web são inúmeros os serviços e aplicativos oferecidos por instituições públicas e privadas acessíveis através da Internet ou Intranet, substituindo os habituais Softwares que requeriam uma instalação em cada Desktop. Segundo o Ibope Media, em 2013 eramos 105 milhões de internautas [Assencio 2013], sendo o Brasil o quinto país mais conectado na época. Hoje ocupamos a quarta posição com mais de 120 milhões, ultrapassando o Japão.

A grande quantidade de ambientes com diferentes configurações necessárias para disponibilização destes serviços Web traz grandes desafios para gerenciar estas plataformas, tanto as configurações quanto as atualizações. Dentre estes serviços há a hospedagem de sítios institucionais e a dificuldade em gerenciá-los.

A Universidade de Brasília (UnB) utiliza o Content Management System (CMS) Joomla! como padrão para publicação de sítios, visto a sua facilidade para a publicação de informações, possibilitando assim que o gerenciamento de conteúdo pudesse ser descentralizado para as áreas fins [Martins 2017]. Desde a adoção do padrão Joomla! houve um aumento na solicitação de novos sítios, que devido sua

arquitetura onde visa o acoplamento de extensões e novas funcionalidades, dificulta manter o ambiente de hospedagem, tornando-se um grande desafio. O tema abordado então será a infraestrutura de sítios institucionais utilizando contêineres através da plataforma Docker, devido a sua agilidade, portabilidade e controle.

Atualmente na infraestrutura dos sítios institucionais, utilizam as jaulas (*jails*) com a ferramenta *chroot* para alterar o caminho padrão de diretórios e restringir o acesso dos sítios ao seu respectivo escopo. Entretanto, essa implementação gera uma problemática quanto a atualização do Sistema Operacional e suas bibliotecas que necessitam ser catalogadas e novamente direcionadas para cada jaula, demandando tempo e sem garantias de que as novas bibliotecas irão funcionar no ambiente. Outro aspecto importante é a heterogeneidade dos sítios que estão em versão diferentes e utilizam muitas vezes componentes diferentes, os quais nem sempre aceitam estas atualizações. Ainda há a necessidade de atualização do Sistema Operacional que implica em muitos casos na falha operacional de vários sítios pois utilizam versões muito antigas de seus componentes, forçando o sistema a manter-se estagnado e comprometendo, assim a segurança.

Um contêiner é um aparato mínimo necessário para executar um determinado software, diferente de uma máquina virtual que agrega um sistema operacional inteiro. Com isso, somente as bibliotecas e as configurações essenciais para o funcionamento do software são necessários, tornando os contêineres uma opção eficiente, leve e autossuficiente, garantindo que o sistema executado use sempre as mesmas configurações [Dua et al. 2014].

O Docker é uma plataforma *open source* escrito em Go, cuja linguagem de programação é desenvolvida no Google. Essa plataforma não é um sistema de virtualização tradicional, pois no Docker temos recursos isolados aos quais utilizam-se bibliotecas compartilhadas entre o host e o contêiner [Anderson 2015]. A figura 1 mostra como é estruturada a arquitetura Docker.

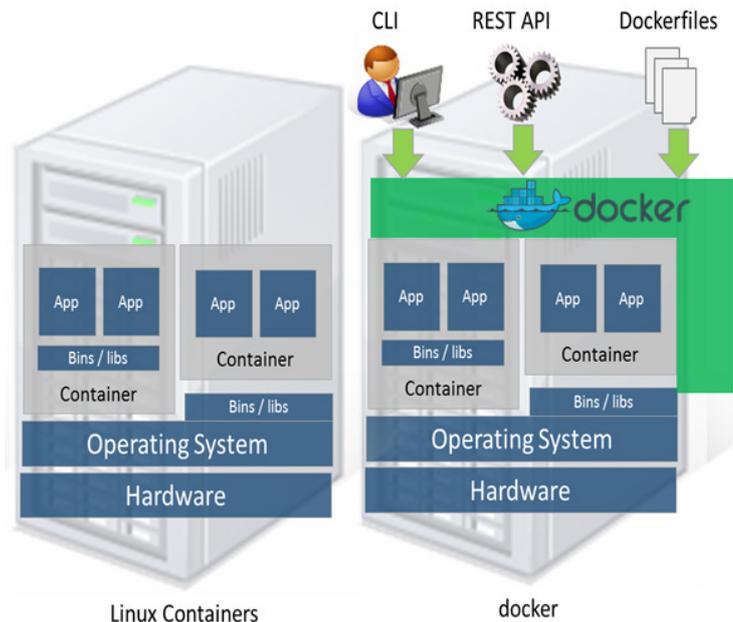


Figura 1. Arquitetura do Docker

2 | METODOLOGIA

Visando solucionar esses problemas de infraestrutura, foram usados os contêineres como uma forma de isolar cada sítios no lugar das *jails* (*chroot*) e criou-se uma imagem Docker como referência, já com os recursos mais atualizados. Os sítios ficaram cada um em seu respectivo contêiner, dessa forma possibilitamos que caso algum deles necessitem de bibliotecas adicionais, elas possam ser disponibilizadas sem interferir no eco sistema, garantindo a independência e o isolamento de cada sítio. Além disso criou-se um contêiner para o Banco de Dados usando a imagem oficial do MariaDB 4 e efetuando uma ligação entre eles.

Foi criado um outro contêiner com Apache e mod proxy para receber todas as requisições e redirecioná-las para o *Virtual Host* adequado. Esse *Proxy* serve como ponto de convergência para a implementação do *Web Application Firewall* através do mod security. Foi definido também um redirecionamento de URL da porta 80 para 443 a fim de forçar o uso de TLS/SSL, uma camada essencial para segurança, principalmente ao usar o painel de administração do Joomla!, fornecendo usuário e senha. Outra camada de mitigação de ataques é o uso do Fail2Ban para efetuar o bloqueio através do iptables dos endereços IP que usarem de força bruta para tentar ganhar autenticação ou ataques de negação de serviço. Todos esses itens abordados não estavam implementados na infraestrutura anterior.

Para a imagem Docker dos sítios foi utilizada como base a imagem Joomla! Oficial disponível no sítio <hub.docker.com> que, após os ajustes, chamamos de site-php7. Para a imagem do *proxy* foi usada a imagem oficial do Debian GNU/Linux em sua última versão (*latest*) e após os ajustes a chamamos de apache-proxy. A imagem do Banco de Dados não foram implementadas alterações, mantendo a versão oficial

do MariaDB (*latest*), também disponível no mesmo endereço. A figura 2 apresenta a arquitetura.

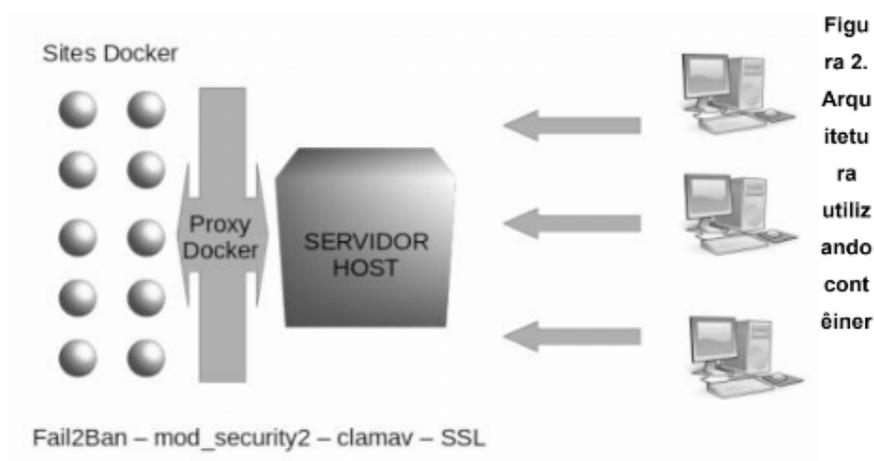


Figura 2. Arquitetura utilizando contêineres Docker

es Docker

Por fim, foram criados alguns arquivos de configuração que serviram de base ou *template* para todos os sítios implantados nos contêineres, conforme será descrito a seguir:

Diretório com o arquivo `docker-compose.yml` que conterà todas as configurações dos contêineres utilizados no ambiente;

- `/opt/docker/ambiente`
- `- docker-compose.yml`

Diretório que servirá de volume para o contêiner de banco de dados;

- `/opt/docker/mysql`

Diretório que conterà as chaves do certificado SSL;

- `/opt/docker/ssl`
- `- certs`
- `- private`

Diretório com as configurações do *proxy* para os *Virtual Hosts*;

- `/opt/docker/apache2`
- `- logs`
- `- sites-enabled`
 - `- siteXXX-proxy.conf`

Diretório que conterà os arquivos dos sítios hospedados nos contêineres;

- `/opt/docker/sites`

- – siteXXX
- – logs
- – htdocs
- – conf
 - – siteXXX.conf

Com exceção do diretório ambiente, os demais servem de volumes para os contêineres e persistência dos dados no *host*, além de armazenar as configurações necessárias para o correto funcionamento da infraestrutura.

3 | RESULTADOS

Conseguiu-se definir uma infraestrutura segura e escalonável através da utilização dos contêineres. Obteve-se uma imagem com as configurações padronizadas e necessárias para o funcionamento dos sítios, no qual nos permite tratá-los individualmente sem interferir nos demais. A figura 3 apresenta a diferença da arquitetura baseada em Máquina Virtual e a baseada em contêineres.

Uma outra possibilidade dos contêineres é o uso de *cgroups*, no qual permite especificar os limites de utilização dos recursos de hardware para cada contêiner, como memória, CPU, rede e I/O, uma capacidade que as jaulas não permitiam, evitando assim que um determinado processo possa exaurir os recursos do servidor em detrimento dos demais.

O uso dos contêineres nos permite a facilidade de exportação do ambiente de homologação para a produção (*deploy*), de forma que todas as configurações definidas possam ser exportadas e importadas integralmente.

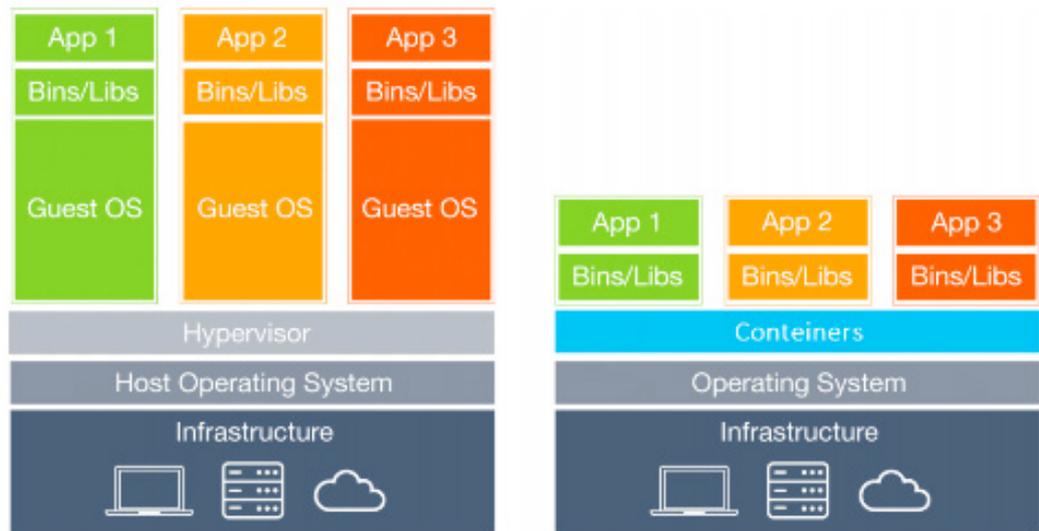


Figura 3. Máquina Virtual vs Contêiner

4 | CONCLUSÃO

A utilização de contêineres proporcionou um ambiente mais seguro, através da mitigação da superfície de ataque com atualizações de softwares, implementação de vários aspectos de segurança que não existiam no ambiente antigo, como o TLS/SSL, Fail2Ban, mod security e iptables.

Obtivemos o resultado que esperávamos com as alterações implementadas na nossa infraestrutura o qual nos permite gerenciar especificidades para cada contêiner, sem interferir nos demais. Além disso, a convergência das requisições para um nó central, possibilita a criação de uma gerência de regras de segurança que são aplicadas a todos e assim ganhar tempo comparado ao processo de enjaulamento utilizado anteriormente. Outro fator importante desse trabalho é a possibilidade de aplicar essa infraestrutura em outros ambientes, como por exemplo, nos serviços em Java que estão atualmente em uso sendo este ponto a ser tratado futuramente.

REFERÊNCIAS

- Anderson, C. **Docker [software engineering]**. IEEE Software, 32(3):102–c3. 2015
- Assencio, C. **Ibope aponta que acesso à internet cresce**. Exame, 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/ibope-aponta-que-acesso-a-internet-cresce-3-no-2o-tri/>>. Acessado: 2017-03-27.
- Dua, R., Raja, A. R., and Kakadia, D. **Virtualization vs containerization to support paas**. In **Cloud Engineering (IC2E)**, 2014 IEEE International Conference on, pages 610–614. IEEE. 2014
- Vitalino, J. F. N. **Descomplicando o Docker**. Rio de Janeiro – RJ. Brasport. 2016
- Martins, L. C. B. **Despacho cpd ssi sites 0683276**. Technical report, Centro de Informática – UnB. 2017

DESENVOLVIMENTO DE SEMI-EIXO DE FIBRA DE CARBONO/EPÓXI PARA O PROTÓTIPO BAJA – SACI VII: PROJETO ESTRUTURAL E VALIDAÇÃO

Rafael Pereira da Silva

Universidade Federal de Itajubá

Itajubá – MG

RESUMO: Este capítulo consiste no projeto de um eixo de fibra de carbono/epóxi adequado para compor a transmissão do veículo Baja da Universidade Federal de Itajubá. Durante o projeto foram realizados cálculos estruturais, necessários para que o eixo seja resistente às cargas aplicadas pelo veículo e a modelagem em um software de elementos finitos, servindo como um método comparativo ao resultado dos cálculos. O conteúdo apresentado é referente ao embasamento teórico, levantamento das condições de carga e de geometria do veículo, determinação das propriedades da lâmina por meio de ensaios mecânicos e simulações computacionais para a determinação do número de camadas.

PALAVRAS-CHAVE: Fibra de Carbono, Eixo de transmissão, Baja, Elementos Finitos.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de materiais compósitos na indústria automobilística começou na década de 70 e 80 (Bloor *et al*, 1994, *apud* Naveiro *et al*). No entanto, inicialmente esses materiais eram

utilizados apenas para fazer componentes decorativos no interior do carro.

Com o desenvolvimento dos materiais compósitos, sua aplicação passou a fazer parte também de componentes estruturais como disco de freio e carroceria (Botelho *et al*, 2000). Porém, a aplicação limita-se a carros de alta performance, como na Fórmula 1, pois o custo de peças feitas com esse tipo de material é muito alto, inviabilizando sua aplicação a carros populares.

Uma das maiores vantagens da aplicação de compósitos estruturais nos setores de transporte está relacionada à diminuição de peso. Pois um veículo mais leve tem melhor desempenho longitudinal e maior eficiência energética do que os mais pesados. Segundo (Bloor *et al*, 1994, Naveiro *et al*), ao substituir por fibra de carbono o maior número de peças de aço (roda, carroceria, portas, etc.) de um carro comum pesando 1705 kg, seria possível reduzir uma massa de 566 kg.

Além dos fatores relacionados ao peso, as peças feitas em material compósito também garantem um desempenho comparável ao aço no quesito resistência mecânica. Por esse motivo, estudos para aplicações de materiais a base de fibra de carbono, fibra de vidro, entre outros, tem sido largamente desenvolvidos nas

últimas décadas. Dessa forma, componentes estruturais de alto desempenho têm sido produzidos com esses materiais.

Como exemplo, em carros de alta performance muitas vezes é preferível utilizar o eixo de transmissão feito em fibra de carbono. Pois para esse caso consegue-se um ganho de 5% de eficiência de potência devido à redução da inércia rotacional (ACPT, 2012).

No entanto, além do alto preço, o fato de o estudo com materiais compósitos ser muito recente também pode ser uma dificuldade de aplicação em projetos. Como exemplo, pode-se citar o caso acima, pois embora os eixos feitos em fibra de carbono sejam vantajosos, poucas empresas no mundo fabricam essa peça.

2 | VINCULAÇÃO AO PROJETO DE PESQUISA

Este projeto de iniciação científica está vinculado à linha de pesquisa do grupo de Tecnologias Aeronáuticas (NETAERO) da UNIFEI registrado no CNPQ.

3 | BREVE INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS COMPÓSITOS

Um material compósito é formado pela junção de dois ou mais materiais em escala macroscópica. Essa técnica tem como objetivo formar um material com características superiores aos anteriores e permite ao engenheiro a obtenção de propriedades mecânicas favoráveis a diversas aplicações em áreas da aeronáutica, automobilística, entre outras.

Este tópico focará nos compósitos reforçados com fibra, que são a junção de um reforço (ex: fibra de carbono, fibra de vidro, kevlar, etc.), que tem como função melhorar propriedades mecânicas como tração, e de uma matriz (ex: resina epóxi), que tem como função fixar a forma do material. Os compósitos possuem uma maior resistência na direção preferencial (direção das fibras), por esse motivo opta-se pela fabricação de diversas lâminas, como mostrado na Figura 1:

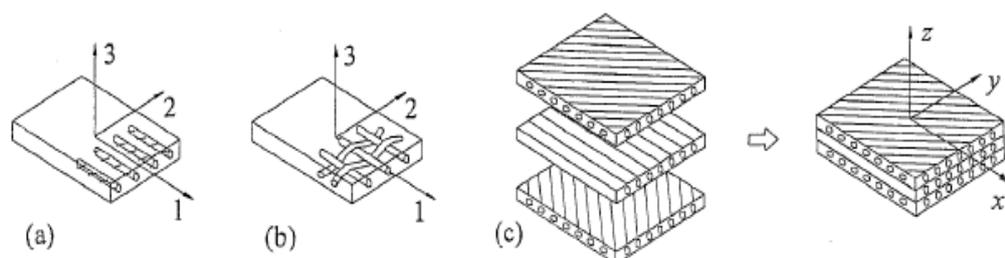


Figura 1 Tipos de lâminas. (a) lâmina com fibras unidirecionais. (b) lâmina com fibras tecidas. (c) laminado composto por várias lâminas orientadas em diferentes direções. (Mendonça, 2005).

As matrizes podem ser classificadas de duas maneiras: termorrígidas, que se

degradam mediante as altas temperaturas, e as termoplásticas, que possuem maior tolerância a danos em relação às anteriores.

3.1 Micromecânica de uma lâmina

Os materiais compósitos podem, em muitos casos, serem modelados como ortotrópicos, que apresentam propriedades diferentes nas direções dos eixos coordenados.

Uma forma de se estimar as propriedades elásticas desses materiais é através das fórmulas presentes nas literaturas. Uma parte dessas fórmulas é analítica, obtidas através de deduções matemáticas. No entanto, como os materiais compósitos possuem propriedades muito peculiares nem sempre os modelos matemáticos são adequados sendo necessário o uso de fórmulas empíricas.

3.1.1 Coeficientes elásticos

Para a determinação do módulo de elasticidade na direção 1 (E_1) e do coeficiente de Poisson em 12 (ν_{12}), usa-se a fórmula conhecida como regra da mistura, que toma como base a composição do módulo de elasticidade da matriz polimérica (E_m) e da fibra (E_f).

$$E_1 = E_f V_f + V_m E_m \qquad \nu_{12} = \nu_f V_f + V_m \nu_m$$

A direção 1 é a direção longitudinal às fibras e a direção 2 é a direção transversal às mesmas. V_f é a proporção do volume de fibra e V_m a proporção do volume de resina.

Pode-se deduzir também a fórmula para a regra da mistura na direção 2.

$$\frac{1}{E_2} = \frac{V_m}{E_m} + \frac{V_f}{E_f}$$

No entanto, esse modelo é muito simplificado e, segundo Mendonça, essa fórmula não é recomendável para uso em projetos. Chamis (1988, *apud* Mendonça, 2005) obteve, a partir da regra da mistura, uma fórmula com boa precisão para encontrar o módulo de elasticidade na direção 2.

$$E_2 = E_m \left[(1 - \sqrt{V_f}) + \frac{\sqrt{V_f}}{1 - \sqrt{V_f}(1 - E_m/E_f)} \right]$$

Valores para tensões admissíveis e outras maneiras de obter os coeficientes

elásticos podem ser encontrados na referência (Mendonça, 2005).

3.2 Macromecânica de uma lâmina

Como foi visto na seção de micromecânica de uma lâmina, os materiais compósitos possuem diferentes constantes elásticas para cada direção. E, para fins de projeto, considera-se que os materiais compósitos estudados nessa seção são ortotrópicos, tornando possível o modelo analítico utilizando-se as constantes elásticas da engenharia.

Outra peculiaridade desse estudo é que nesta seção será estudada somente a mecânica de uma lâmina, que pode ser comparada por analogia a uma chapa de um material qualquer. No entanto, peças de materiais compósitos em geral são compostas de várias lâminas.

3.2.1 Relações de tensão-deformação para uma lâmina ortotrópica

A relação de deformação de uma lâmina pode ser escrita na forma matricial como:

$$\{\varepsilon^1\} = [S^1]\{\sigma^1\}$$

Sendo $[S^1]$ a matriz de flexibilidade do material e o índice 1 o indicativo de que o sistema de coordenadas utilizado se dá nas direções ortogonais 1, 2 e 3.

Considerando um material ortotrópico no plano e invertendo a matriz anterior, obtém-se a seguinte relação:

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau_{12} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & 0 \\ Q_{21} & Q_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Q_{66} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{pmatrix}$$

Onde:

$$Q_{11} = \frac{E_1^2}{E_1 - \nu_{12}^2 E_2}, \quad Q_{12} = \frac{\nu_{12} E_1 E_2}{E_1 - \nu_{12}^2 E_2}, \quad Q_{22} = \frac{E_1 E_2}{E_1 - \nu_{12}^2 E_2}, \quad Q_{66} = G_{12}$$

Outro aspecto importante a ser conferido são as matrizes de rotação para as relações apresentadas, que pode ser conferida no livro do (Mendonça, 2005, pg. 94-103).

3.3 Torção de eixos em material compósito

A teoria que se segue é derivada da macromecânica de laminado apresentada por Mendonça e tem as seguintes restrições:

- “[...] As camadas devem ser concêntricas [...] e de materiais isotrópicos ou quase ortotrópicos com as direções principais alinhadas nas direções axiais x e tangencial t da barra.”;
- Os efeitos de acoplamento não são levados em conta na presente modelagem;
- A formulação aplicada a lâminas angulares pode causar erros de precisão de até 400%;

Essa formulação é uma extensão da teoria clássica da Resistência dos Materiais para torção apresentada na seção e pode ser escrita na sua forma mais simplificada apresentando a tensão de cisalhamento:

$$\tau_{xt}^k(x, r) = \frac{M_t(x) G_{xt}^k r}{G_{xt} J}$$

Onde G_{xt}^k é o módulo de elasticidade cisalhante da k -ésima lâmina, M_t o momento torçor, raio médio da lâmina e o momento polar de inércia. Faz-se necessário também calcular o módulo de elasticidade cisalhante equivalente, que é dado por:

$$G_{xt} = \frac{\pi}{2J} \sum_{k=1}^N G_{xt}^k (r_k^4 - r_{k-1}^4)$$

Pode-se calcular também o ângulo de torção entre as extremidades do eixo por:

$$\Delta\varphi = \frac{M_t l}{G_{xt} J}$$

Sendo que esta fórmula se diferencia da teoria clássica da Resistência dos materiais somente pelo módulo equivalente.

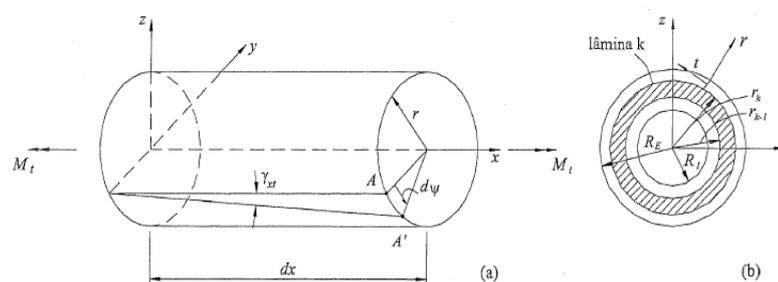


Figura 2. : Elementos de um eixo composto sob torção. r_e e r_i são os raios interno e externo da seção; r_k e r_{k-1} são os raios interno e externo da lâmina genérica k (Mendonça, 2005).

4 | LIMITAÇÕES GEOMÉTRICAS DO EIXO

4.1 Comprimento

O comprimento do eixo em fibra de carbono será de 200 mm, o mesmo do atual instalado no veículo Baja.

4.2 Diâmetro interno do eixo

O diâmetro interno do tubo terá como referência os tubos comerciais em aço 1020, visando a facilidade da construção do molde.

Foram escolhidos três tubos de aço baseados no catálogo da fabricante (Tubos Oliveira, 2012) para ser utilizado como molde. Os diâmetros externos dos tubos são: 31,75 mm; 38,10 mm e 42,20 mm.

Nota-se que a dimensão externa do tubo comercial será igual à dimensão interna do protótipo.

Um método eficaz para auxiliar na escolha do diâmetro é calcular a quantidade de fibra de carbono utilizado em cada camada.

$$A = 200\pi d$$

Diâmetro (mm)	Quant. de fibra de carbono por lâmina (mm ²)
31,75	19949,10
38,10	23939,90
42,20	26515,00

Tabela 1. Quantidade de fibra de carbono.

Posteriormente é calculado o número mínimo de lâminas do eixo para que o mesmo possa resistir às cargas de trabalho do Baja. O número mínimo de camadas será calculado para cada diâmetro e será multiplicado pela quantidade de fibra de carbono por lâmina (que está determinada na tabela acima) e, como critério, será escolhido o diâmetro que economizar maior quantidade de material na fabricação.

5 | CONDIÇÃO DE CARGA

5.1 Momento torçor

A tensão gerada pelo torque advindo da caixa de redução é o principal esforço que o eixo deverá aguentar, pois o mesmo deverá transmitir a rotação da caixa até o cubo da roda todo tempo enquanto o carro estiver em movimento.

Para calcular esse esforço precisou-se verificar o torque gerado pelo motor e,

posteriormente, as conversões feitas pela transmissão. Segue abaixo um esquemático do trem de força do Saci Baja.

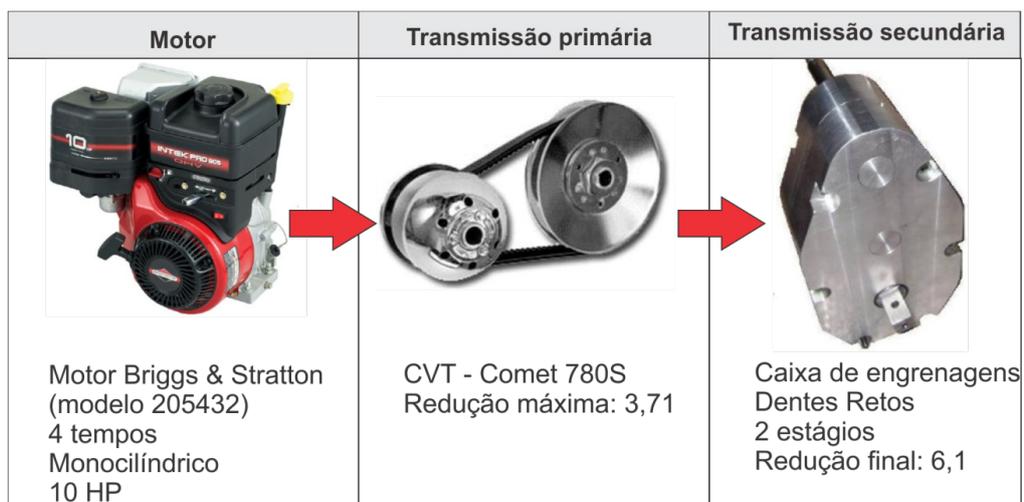


Figura 3. Esquemático do sistema de trem de força do Saci Baja. Adaptado de (Briggs, 2012) e (Magicar, 2012).

Para verificar o torque máximo de capacidade do motor a equipe Saci realizou, em parceria com o centro universitário da FEI, o teste em dinamômetro.

9

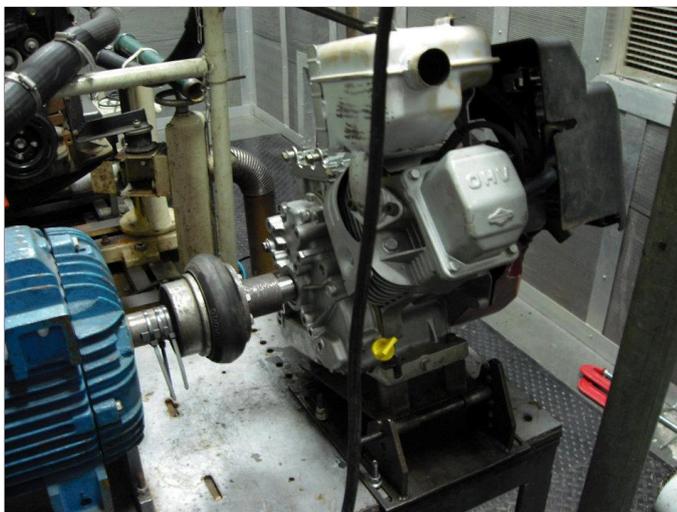


Figura 4. Teste do motor realizado nas dependências da FEI.

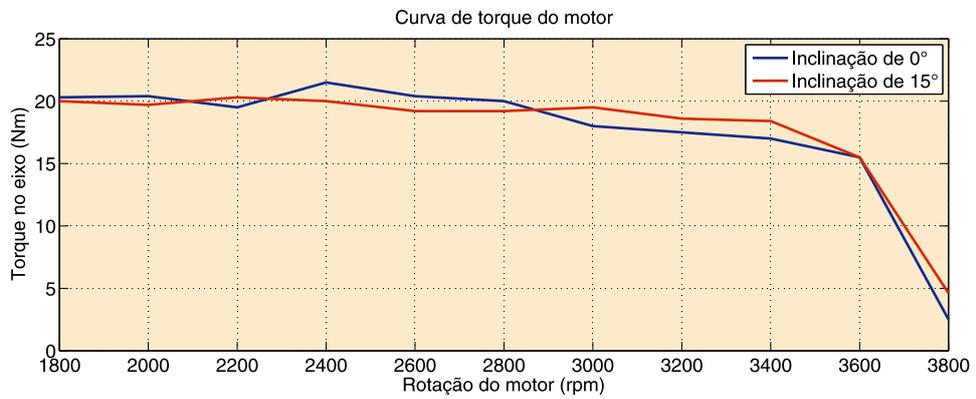


Figura 5. Resultados do teste a 0° e a 15°.

Nota-se que o teste foi feito em duas angulações diferentes para determinar qual é o melhor posicionamento do motor no carro.

Por meio do gráfico, observa-se que o torque máximo gerado no motor é de 21 Nm. Multiplicando esse resultado pelas relações de transmissão obtém-se o momento torçor do eixo.

$$T = T_{motor} i_{cvt} i_{caixa} = 21 \times 3,71 \times 6,1 = 475,3 \text{ Nm}$$

5.2 Compressão

As Competições Baja SAE Brasil possuem pistas altamente acidentadas com curvas de alto grau de dificuldade para os pilotos e obstáculos capazes de danificar o veículo de competição. Para fins de dimensionamento, a carga de compressão no eixo será considerada conservadoramente igual ao peso do veículo com o piloto, aproximadamente 2600 N.

5.3 Transferência de calor no eixo

A resina utilizada é do tipo epóxi. Ela se degrada mediante as altas temperaturas por ser um material termorrígido.

Para evitar esse problema, avaliou-se a temperatura de trabalho do eixo do Baja por meio de uma câmara termográfica durante um teste realizado pela equipe SACI, Figura 6.

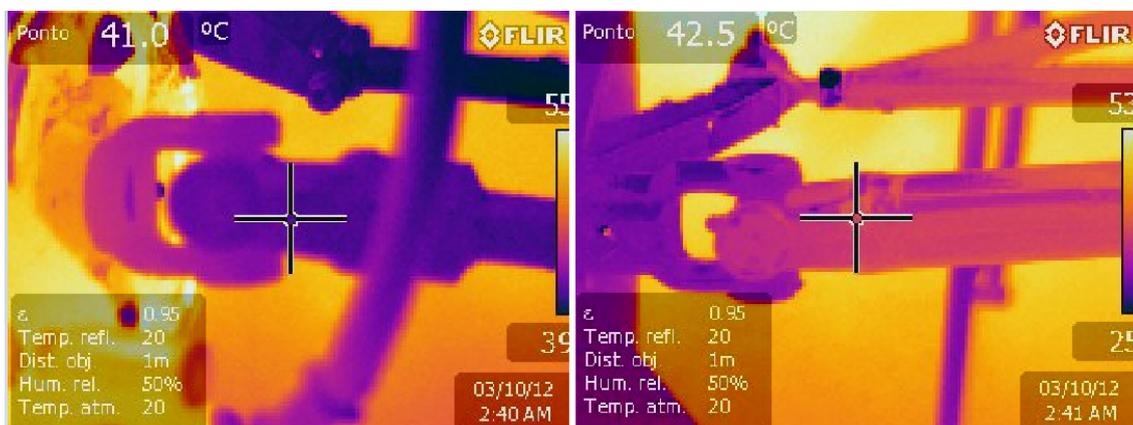


Figura 6. Ensaio com a câmara termográfica.

Verifica-se pelas imagens acima que a temperatura de trabalho máxima do eixo é de 55° C, que é advinda do calor transferido do motor.

Portanto, a resina escolhida (Araudite 5052) pode ser aplicada sem que haja problemas de degradação por meio da temperatura, já que a mesma suporta até 130° (Huntsman, 2007).

6 | DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA LÂMINA

Após determinadas às condições de limitação geométricas e cargas atuantes no eixo, foram estimadas as propriedades do material a ser utilizado. Essas estimativas foram feitas de duas maneiras: por meio dos cálculos de micromecânica e por meio de ensaios em corpos de prova. Os dois resultados foram comparados a fim de se obter propriedades com valores reais para carregar o software de elementos finitos.

6.1 Fabricação dos corpos de prova

Os corpos de prova foram fabricados por meio do processo de VARTM, onde o reforço, que é composto por camadas de fibra de carbono unidirecionais T300, se encontra devidamente posicionado em um molde antes de ser impregnado com uma matriz termofixa no estado líquido. As camadas do reforço são colocadas sobre o molde rígido e cobertas por uma membrana flexível. Para acelerar o fluxo de resina através das fibras, uma mídia de alta permeabilidade é posicionada sob o reforço. O preenchimento é realizado sob vácuo de 27 polHg. Foram fabricadas dois laminados com orientação $(0)_5$ e $(90)_{10}$ para confecção de corpos de prova para ensaio de tração conforme a norma ASTM D3039.

Figura 7 mostra a montagem do processo de VARTM no Laboratório de Materiais Compósitos da Unifei.



Figura 7. Processo de VRTM realizado na fabricação dos corpos de prova.

6.2 Ensaios de tração dos corpos de prova

Foram feitos ensaios de tração a fim de comparar com os resultados obtidos nos cálculos microestruturais. Os corpos de prova foram confeccionados segundo a norma ASTM D3039 e os testes feitos em uma máquina de ensaios universais EMIC (Figura 8).

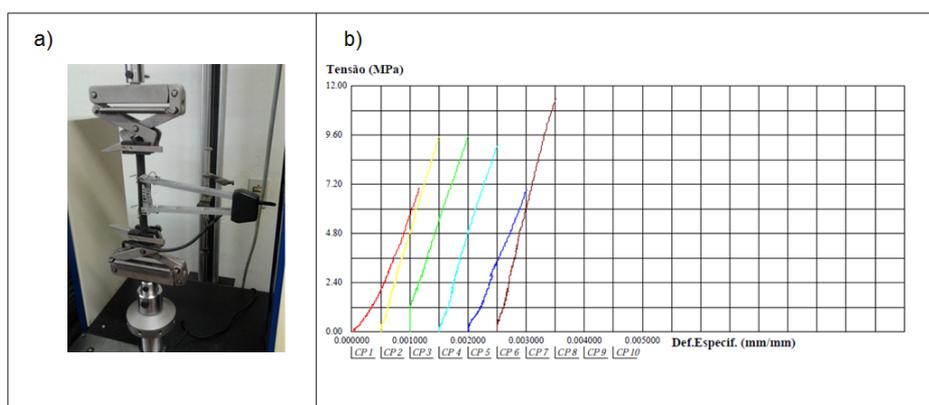


Figura 8. a) Ensaio de tração na máquina EMIC e b) resultados obtidos para os corpos de prova a 90° (direção 2).

6.3 Caracterização da Porosidade dos Corpos de Prova

Para maior precisão dos cálculos das propriedades mecânicas dos corpos de prova, foram obtidos os volumes de vazio, de resina (V_m) e de fibra (V_f) por meio do método descrito na norma ASTM D3171.

Foram ensaiados 6 amostras de 20x40mm para determinação do volume de fibra e resina, Figura 9. Os resultados mostraram que o volume de fibra obtido nas placas é da ordem de 54% e o nível de vazios inferior a 2%, Figura 9.

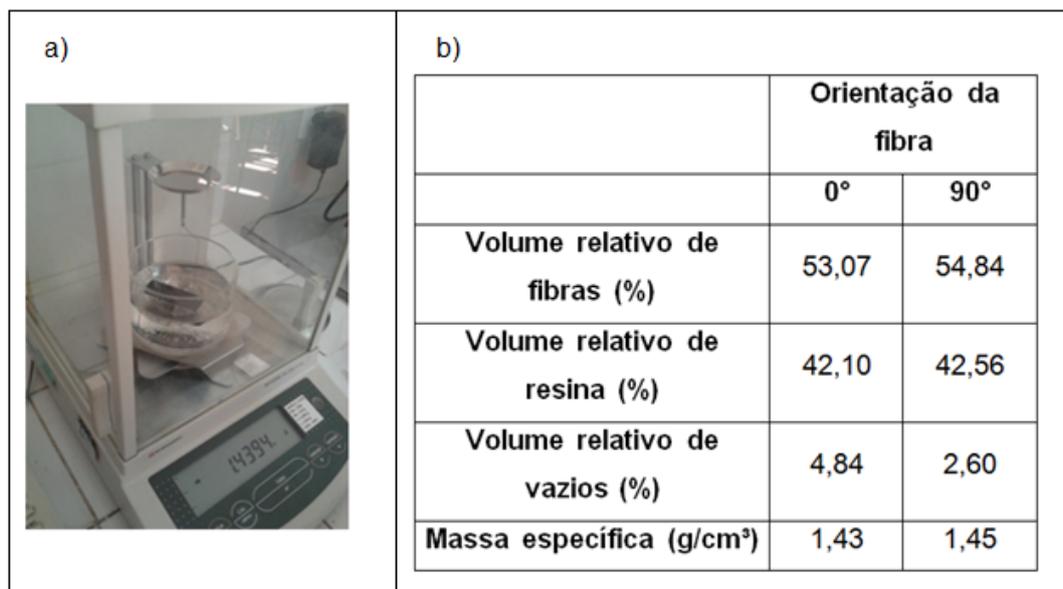


Figura 9. a) aparato para determinação dos volumes de fibra e resina b) volume relativo de fibra, resina e vazios.

6.4 Resultados das Propriedades Mecânicas Obtidas Pelos Métodos

Os cálculos de propriedades mecânicas dos corpos de prova foram realizados com base nas fórmulas apresentadas na seção 3.1

Os dados de entrada para os cálculos foram retirados nas folhas de dados técnicos dos fabricantes (*datasheets*) dos materiais utilizados (resina Araldite/Aradur 5052 e fibra de carbono T300) e da proporção de fibra e resina descritas na seção 6.2.

Os resultados dos cálculos e dos testes realizados estão dispostos na Tabela 2 juntamente com informações retiradas de (Daniel, 2006). Verifica-se que os cálculos microestruturais foram feitos para as quantidades de volume de fibra (v_f) de 63%, para comparar os resultados com (Daniel, 2006), e de 54%, para comparar com os testes.

Propriedade	(Daniel, 2006) (vf=63%)	Calc. Microest. (vf=63%)	Calc. Microest. (vf=54%)	Ensaio de Tração (vf=54%)
X_t (MPa)	2280	2243,5 (1,6%)	1930,56 (44%)	1070
E_{1t} (GPa)	142	143,2 (0,8%)	123,52 (74%)	215
Y_t (MPa)	57	32,9 (42%)	32,60 (114%)	15,15
E_{2t} (GPa)	10,3	13,26 (28,6%)	9,82 (7,8%)	9,21
X_c (MPa)	1440	1523 (5,7 %)		
Y_c (MPa)	228	46,15 (390%)		
G_{12} (GPa)	7,2	3,09 (130%)		
S_{12} (MPa)	71	42,71 (70%)		
ν_{12}	0,27	0,27 (0%)	0,28	-

Tabela 2. Resultados obtidos. O valor entre parênteses representam os erros de comparação.

Observa-se que os resultados das informações apresentadas por (Daniel, 2006) e os obtidos por meio dos cálculos apresentam boa proximidade para os valores de resistência a tração longitudinal (X_t), módulo de elasticidade longitudinal (E_{1t}) e para o módulo de Poisson, gerando um erro máximo de 1,6%. No entanto, os valores de resistência à tração e módulo de elasticidade transversal (Y_t e E_{2t} , respectivamente) não tiveram resultados satisfatórios, apresentando erros de até 42% com relação aos encontrados na literatura. No entanto, não se sabe o quanto a fibra de carbono citada por Daniel difere daquela utilizada nos testes, sendo essa uma provável fonte de erro.

Quanto aos ensaios, os mesmos foram feitos para direções de 90° e 0°. No ensaio a 0° (valores longitudinais), observa-se que a tensão de ruptura foi abaixo do esperado, com erro de 74%, e o módulo de elasticidade foi superior ao calculado. Quanto ao ensaio de 90° (valores transversais) foram obtidos resultados satisfatórios quanto ao módulo de elasticidade, com erro inferior a 8%. Já a tensão de ruptura apresentou um valor abaixo do esperado, assim como no primeiro caso. Os erros ocorridos podem ter sido advindos de falhas no processo de fabricação que ocasiona a presença de vazios (e bolhas) nos corpos de prova, diminuindo assim sua resistência à ruptura.

7 | MODELAGEM DO EIXO E DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE CAMADAS

7.1 Cálculo Analítico Para Camadas A 0/90°

Para determinar o número de camadas do eixo de transmissão serão utilizados todos os dados levantados tais como limitação geométrica, condições de carga, diâmetro interno do tubo, que foram verificados durante o projeto, e as propriedades elásticas do laminado de carbono/epóxi. As propriedades de materiais utilizadas são referentes ao cálculo microestrutural $v_f = 63\%$, por ser a mais conservadora com relação ao admissível de cisalhamento (S_{12} (MPa)).

Abaixo seguem respectivamente as tabelas contendo os dados do projeto, tais como condições geométricas e carregamentos aplicados ao eixo, e as informações da lâmina utilizada.

Condições do projeto	
Variável	Valor
Diâmetro interno 1 (mm)	31,75
Diâmetro interno 2 (mm)	38,10
Diâmetro interno 3 (mm)	42,20
Comprimento (mm)	200
Torque máximo (N.m)	475,3
Compressão máxima (N)	2600

Tabela 3. Dados do projeto.

O primeiro critério utilizado na determinação do número de camadas do eixo será o cisalhamento devido à torção. Dessa forma, serão geradas as tensões em cada camada.

Para facilitar os cálculos analíticos o laminado será feito na configuração cruzado simétrico regular, ou seja, (0°/90°/0°). As tensões atuantes devem estar abaixo do admissível de cisalhamento, $S_{12admissivel} = 42,71 \text{ MPa}$.

Segue abaixo as tensões calculadas em cada camada considerando diferentes diâmetros de tubo.

A Tabela 4 apresenta os cálculos de tensão em cada camada dos tubos propostos. Os cálculos foram feitos com base nas fórmulas apresentadas na seção 3.3.

Camada	Tubo de 31,75 mm (13 camadas)			Tubo de 38,10 mm (11 camadas)			Tubo de 42,20 mm (11 camadas)		
	$G_{\tau\tau}^k(\Delta r_k^4)$ (MPa.mm ⁴)	r (mm)	τ (MPa)	$G_{\tau\tau}^k(\Delta r_k^4)$ (MPa.mm ⁴)	r (mm)	τ (MPa)	$G_{\tau\tau}^k(\Delta r_k^4)$ (MPa.mm ⁴)	r (mm)	τ (MPa)
1	10283705	16.1	30	17711692	19.3	34	24028465	21.3	35
2	10694472	16.3	31	18300620	19.5	34	24749431	21.5	35
3	11116035	16.5	31	18902461	19.7	35	25484677	21.7	36
4	11548532	16.7	32	19517354	19.9	35	26234342	21.9	36
5	11992105	16.9	32	20145439	20.1	36	26998566	22.2	36
6	12446894	17.1	32	20786857	20.3	36	27777490	22.4	37
7	12913038	17.3	33	21441748	20.5	36	28571254	22.6	37
8	13390678	17.6	33	22110251	20.7	37	29379997	22.8	37
9	13879953	17.8	33	22792506	20.9	37	30203859	23.0	38
10	14381003	18.0	34	23488655	21.2	37	31042981	23.2	38
11	14893970	18.2	34	24198835	21.4	38	31897502	23.4	38
12	15418992	18.4	35	24923189	21.6	38	32767563	23.6	39
13	15956209	18.6	35	25661855	21.8	38	33653304	23.8	39
14	16505762	18.8	35	26414974	22.0	39	34554864	24.0	39
15	17067791	19.0	36	27182686	22.2	39	35472384	24.3	40
16	17642435	19.2	36	27965130	22.4	40	36406004	24.5	40
17	18229836	19.4	37	28762448	22.6	40	37355864	24.7	40
18	18830132	19.7	37	29574778	22.8	40	38322103	24.9	41
19	19443463	19.9	37	30402261	23.0	41			
20	20069971	20.1	38	31245036	23.3	41			
21	20709794	20.3	38	32103245	23.5	41			
22	21363073	20.5	39						
23	22029949	20.7	39						
24	22710560	20.9	39						
25	23405047	21.1	40						
26	24113550	21.3	40						
27	24836209	21.5	41						
28	25573164	21.8	41						

Tabela 4. Tensão em cada lâmina dos três diferentes tubos propostos.

Determinados os números mínimos do número de camadas de cada diâmetro, agora é necessário avaliar qual das três opções proporciona a maior economia de material.

Diâm. Int. (mm)	Nº mín. de camadas	Esp. (mm)	Área da superfície da 1a lâmina (mm ²)	Vol. de fibra (mm ³)
31,75	28	5.88	19949	117301
38,2	21	4.41	24002	105848
42,2	18	3.78	26515	100227

Tabela 5. Volume de fibra em cada projeto.

Pela Tabela 5, verifica-se que a opção mais vantajosa, ou seja, aquela que ofereça a resistência mecânica mínima necessária e ao mesmo tempo a maior economia de material é o eixo de 42,2 mm de diâmetro. A justificativa se dá pelo alto momento de inércia desta dimensão em comparação com as outras duas opções.

7.2 Cálculo de Compressão

Uma vez definido o número de camadas, pode-se estimar a tensão média de compressão agindo no eixo. O tubo de diâmetro interno de 42,2 mm possui área de seção transversal igual a 546 mm². Dividindo-se a carga de compressão de 2600 N pela área a tensão média de compressão é 4,8 MPa. A ordem de grandeza é desprezível em comparação aos admissíveis de compressão do material. No entanto, para estudos futuros, é recomendável o cálculo de flambagem do eixo.

7.3 Simulação para Camadas

Para fins de comparação, foi feito a simulação com melhor configuração entre as três anteriores. No caso, 42,2 mm de diâmetro interno e 18 camadas. O layup é [0/90/0/90/0/90/0/90] _{Sim.} e as propriedades mecânicas utilizadas foram àquelas obtidas por meio do cálculo estrutural com volume de fibra em 63%, por serem as mais conservadoras.

A condição de contorno é o torque de 475,3 N.m aplicado por meio de um elemento rígido em uma extremidade do eixo, enquanto a outra extremidade é engastada. Foi utilizado o *software Hypermesh®* versão estudantil.

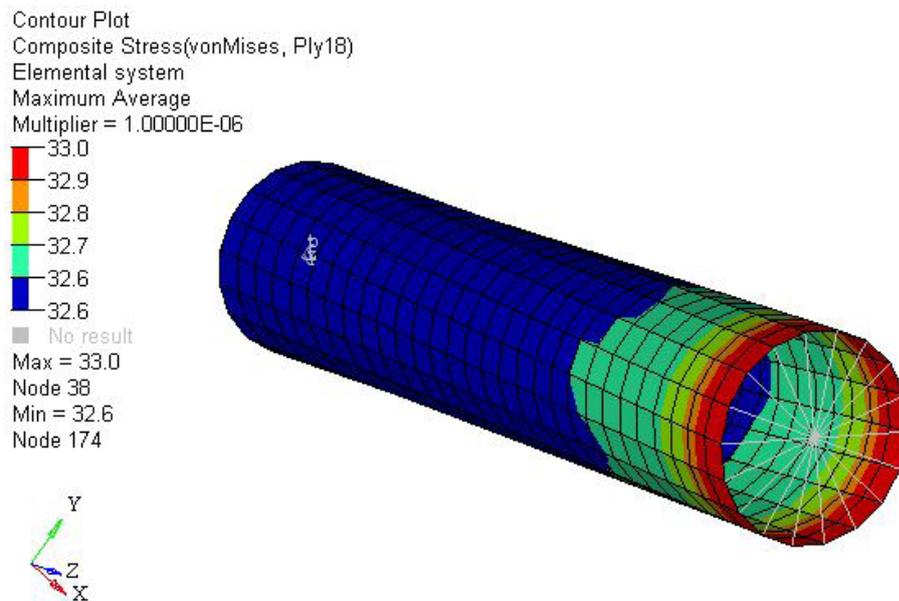


Figura 10. Análise da tensão máxima na camada 18. Deformada exagerada em dez vezes.

Comparando-se a máxima tensão analítica (40,7 MPa) com a máxima tensão na simulação (33,0 MPa) tem-se uma diferença de 19%. Estes resultados são inferiores ao admissível de cisalhamento (42,71 MPa).

8 | CONCLUSÃO

O projeto do eixo de carbono/epóxi fornece informações para tomadas de decisão em projetos estruturais de engenharia onde a relação de peso e resistência mecânica do componente é desejável. Para fins de comparação, o projeto final do eixo do BAJA tem massa de 170 g, considerando densidade média de 1,6, contra 500 g do eixo de aço que está atualmente no veículo.

Para futuros trabalhos, são sugeridos os seguintes estudos:

- Flambagem do eixo quando submetido a cargas de compressão;
- Soluções para o acoplamento de uma junta mecânica ao eixo, para que a ligação com o trem de força do veículo possa ser realizada;
- Disposição das camadas do eixo, testando diferentes orientações da fibra reforçada;
- Processos de fabricação da peça;
- Ensaio de operação no veículo.

REFERÊNCIAS

ACPT advanced composite products & technology. **High performance carbon fiber driveshafts.**

Disponível em: <<http://www.acpt.com/Products/Composite-Driveshafts.aspx>> Acesso em 3 de abr. 2012.

BOTELHO, Edson C.; REZENDE, Mirabel C. **O uso de compósitos estruturais na indústria aeroespacial**. São Carlos, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282000000200003HYPERLINK>>. Acesso em 5 de mar. 2012.

Briggs. **Motor de eixo horizontal**. Disponível em: <http://www.briggs.com.br/index.php/line/motores_de_eixo_horizontal> Acesso em 10 de ago. de 2012.

DANIEL, Isac M. ISHAI, Ori. **Engineering Mechanics of Composite Materials**, Volume 13. Oxford University Press, 2006.

HIBBELER, R.C. **Resistência dos Materiais**, 5a ed. São Paulo: PEARSON Prentice Hall, 2004.

Huntsman: Eriching lives through innovation. “**Araldite LY5052 Aradur 5052**” Data sheet. Huntsman Corporation, 2007.

JONES, Robert M. **Mechanics of Composite Materials**. 2° edition. Taylor & Francis, 1999.

Magicar. **CVT comet 780 continuously variable transmission Variable-diameter pulley (VDP)**. Disponível em: <[http://www.magicartech.com.br/produto.php?cod=106&descricao=CVT+comet+780++continuously+variable+transmission+Variable-diameter+pulley+\(VDP\)](http://www.magicartech.com.br/produto.php?cod=106&descricao=CVT+comet+780++continuously+variable+transmission+Variable-diameter+pulley+(VDP))> Acesso em 10 de ago. de 2012.

MENDONÇA, Paulo de Tarso R. **Materiais Compostos & Estruturas-Sanduíche: Projeto e Análise**. Barueri, SP: Manole, 2005.

NAVEIRO, Ricardo Manfred; ARAÚJO, Marcelo Ribeiro de. **Desenvolvimento de Novos Materiais e Novos Produtos na Indústria Automobilística**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0164.PDF> Acesso em 3 de abr. 2012.

PARDINI, Luiz Claudio; NETO, Flaminio Levy. **Compósitos Estruturais: ciência e tecnologia**. 1ª ed, São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

SANJAY, Gummadi. KUMAR, Akula Jagadeesh. **Optimum Design and Analysis of a Composite Drive Shaft for an Automobile**. Department of Mechanical Engineering Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden, 2007.

Torayca. **T300 Data Sheet**.

Tubos Oliveira. **Tubos de Aço para diversas aplicações**. Disponível em: <<http://www.tubosoliveira.com.br/tabelas.php>> Acesso em 7 de abr. de 2012.

ESTUDO NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM DISSIPADORES

Ulysses Lucius Salles Pereira

Graduado em Engenharia Mecânica pela
Universidade Federal de Itajubá

Ana Lúcia Fernandes de Lima e Silva

Professora doutora em Engenharia Mecânica pela
Universidade Federal de Itajubá

Amanda Aparecida Silva

Mestranda em Engenharia Florestal pela
Universidade Federal de Lavras

Angel Edecio Malaguera Mora

Mestrando em Engenharia Mecânica pela
Universidade Federal de Itajubá

RESUMO: Dissipadores de calor são utilizados em diversos equipamentos em busca de um melhor rendimento, maior vida útil e menor tamanho, logo é importante que se crie dissipadores mais eficientes. Neste capítulo são apresentados estudos, bem como a realização de tutoriais e simulações no método numérico de volumes finitos utilizando o *software* de CFD de código aberto *OpenFOAM*, com o objetivo de verificar a taxa de transmissão de calor em um dado dissipador e comparar os resultados com os obtidos experimentalmente. Inicialmente, foi efetuada a familiarização com o *OpenFOAM* realizada através de um caso do tutorial. O caso escolhido foi de um escoamento isotérmico, incompressível em domínio bidimensional quadrado (caso *cavity*), foram feitas simulações

para vários números de Reynolds e os resultados comparados com os da literatura consultada, a análise e visualização dos resultados utilizou-se o programa *ParaView*. Os resultados obtidos do tutorial *Cavity* condizem com os apresentados na literatura, mostrando assim que as modificações nas condições iniciais estavam corretas e que o *OpenFOAM* simulou o caso de forma satisfatória. Em seguida, realizou-se um estudo de um dissipador de calor, do módulo *heattransfer*, foi escolhido o *solver chtMultiregionFoam* e fez-se simulações para diferentes condições iniciais e de contorno. Posteriormente procedeu-se a simulação do dissipador de calor em malha reduzida a fim de agilizar e pré-avaliar os resultados. Neste capítulo são apresentadas as etapas realizadas, que incluem introdução, estudo do código, realização de tutoriais, escolha de casos e finalmente simulação do problema, análise dos resultados dos tutoriais e do problema propriamente.

PALAVRAS-CHAVE: Transferência de Calor, Dissipadores, CFD, OpenFOAM

ABSTRACT: Heat sinks are needed by several equipment to achieve a better performance, grater life span and smaller size, therefore it is vital to develop more efficient heat sinks. In this chapter are presented studies, as well as tutorials and simulations on numerical method of

finite volumes, using an open source CFD software called *OpenFOAM* aiming to verify the heat transfer rate on a heat sink and compare the results with the experimental ones. In the beginning a tutorial case was simulated to get to know the *OpenFOAM* software, the chosen case was an isothermal and incompressible flow on a square two-dimensional domain called cavity case. Simulations were made for different values for Reynolds and compared the results with the ones found on the consulted literacy, the analysis and graphic view of the results were aided by a software called *ParaView*. The results from the Cavity case matched the experimental ones, demonstrating a correct simulation using *OpenFOAM*. The next phase was a study of a heat sink, from the *heattransfer* module on *OpenFOAM* using the solver *chtMultiregionFoam* the simulations involved different values of contour and initial conditions. Posteriorly was conducted a heat sink simulation on a reduced mesh in order to speed and pre-check the results. In this chapter are presented the steps followed, including introduction, code study, tutorial implementation, case choosing and finally the case simulation and an analysis of both tutorial and final case results.

KEYWORDS: Heat Transfer, Heat Sink, CFD, OpenFOAM.

1 | INTRODUÇÃO

A transferência de calor abrange um ponto importante no que diz respeito a retirada de calor de equipamentos, sejam eletrônicos como unidades de processamento de dados ou equipamentos mecânicos como motores, dado a utilização que fazemos de tais equipamentos nos dias atuais. Aumentar a retirada de calor gerado nestes equipamentos influencia em sua temperatura de trabalho, no rendimento dos equipamentos, na sua vida útil e viabilidade do projeto. Com o intuito de aumentar a taxa de calor retirado de tais equipamentos utiliza-se por exemplo dissipadores, que devem ser calculados para retirar o máximo de calor possível utilizando o menor volume ou o volume adequado a condições de projeto dos equipamentos.

Projetos de equipamentos visam ter seu rendimento aumentado para reduzir os gastos energéticos, como também devemos pensar na constante miniaturização de eletrônicos, a convecção natural em dissipadores se torna cada vez mais interessante e assim há a necessidade do aumento na eficiência de dissipadores para que a capacidade de retirar calor não seja criticamente prejudicada ao mudarmos de convecção forçada para convecção natural. A mudança para convecção natural elimina a necessidade do ventilador, reduzindo assim os custos de fabricação do equipamento.

Conhecendo as dificuldades e os custos de produzir protótipos de dissipadores de tamanhos e formas variadas, além do tempo necessário para se ensaiar cada um deles e também as dificuldades em relação a obtenção de grandezas como altura da camada limite, se torna trabalhoso ensaiar os dissipadores. Com o aumento da velocidade de processamento em computadores é possível projetar através de simulações numéricas dissipadores de calor com diversas geometrias e condições de

operação, revelando-se como um recurso interessante técnica e economicamente.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição do *software* aberto OpenFOAM

O *OpenFOAM* (Open Source Field Operation and Manipulation) é inicialmente e principalmente uma biblioteca da linguagem *C++*, utilizada inicialmente para gerar executáveis, conhecidos como *applications*. As *applications* se dividem em duas categorias: *solvers*, que são unicamente projetados para resolver um problema específico da dinâmica dos fluidos; e *utilities*, que são projetados para realizar tarefas que envolvem manipulação de dados. O programa OpenFOAM contém vários *solvers* e *utilities* que abrangem uma ampla área de problemas, e também é equipado com ambientes de pré e pós-processamento. A interface para pré e pós-processamento são *utilities* do OpenFOAM, assim é possível garantir uma manipulação dos dados consistente em todos os ambientes.

Inicialmente no pré-processamento tem-se a definição dos dados iniciais e a geração da malha, que pode ser feita no próprio software OpenFOAM ou importada de algum software CAD. Na sequência temos o processamento, em que as equações já implementadas no programa ou modificadas pelo usuário são resolvidas. Finalmente no pós-processamento, os resultados obtidos no processamento são exportados para visualização, neste trabalho foi utilizado o software ParaView para a visualização.

2.2.1 – Modelagem

A fim de simular o comportamento de um fluido, as equações de conservação de massa, quantidade de movimento e da energia devem ser resolvidas numericamente pelo solver. Estas equações são solucionadas para cada bloco da malha em cada intervalo de tempo escolhido.

Estas três equações diferenciais básicas para o escoamento de um fluido são (White 2002):

$$\text{Continuidade:} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0 \quad (3.1)$$

$$\text{Momento:} \quad \rho \frac{dV}{dt} = \rho g - \nabla p + \nabla \tau_{ij} \quad (3.2)$$

$$\text{Energia:} \quad \rho \frac{d\hat{u}}{dt} + p(\nabla \cdot V) = \nabla \cdot (k\nabla T) + \Phi \quad (3.3)$$

Considerando que o fluido é newtoniano, ou seja, as tensões viscosas são

proporcionais à deformação do elemento, podemos introduzir a viscosidade dinâmica (μ) e assim a equação (2) se torna a equação de Navier-Stokes:

$$\rho \frac{dV}{dt} = \rho g - \nabla p + \mu \nabla^2 V \quad (3.4)$$

Admitindo que o fluido está inicialmente parado ou com uma baixa velocidade, podemos desprezar os termos convectivos e a dissipação (Φ) da equação (3.3), assim podemos reescrever a equação da energia como a equação da condução de calor:

$$\rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T \quad (3.5)$$

Aplicando a Lei de Fourier e considerando a condutividade térmica constante temos:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = k \nabla^2 T \quad (3.6)$$

2.2 Tutorial do OpenFOAM caso Cavity

Neste item foi apresentado o uso do programa *OpenFoam* para execução do tutorial *Cavity*, por ser de fácil entendimento e manipulação, necessitando de pouco processamento se comparado com os outros tutoriais. O caso *Cavity* possui um escoamento isotérmico, incompressível, em domínio bidimensional de geometria quadrada e possui apenas a face superior aberta. Foi realizado a simulação de um escoamento laminar sobre uma cavidade quadrada, onde a tampa da cavidade se move na direção x com uma velocidade de 1m/s e as outras três faces ficaram inertes. O problema foi resolvido utilizando uma malha uniforme e o solver *icoFoam*. Para melhor entendimento foram descritos abaixo o pré-processamento e pós-processamento do problema que envolve um fluxo isotérmico, incompressível em um domínio bidimensional (eixos x e y).

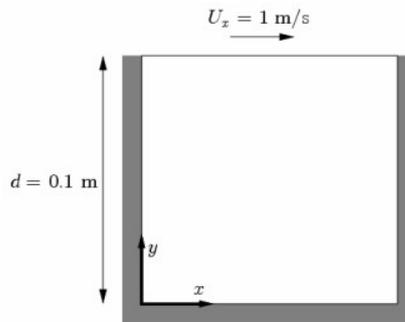


Figura 1- Geometria da cavidade. Fonte: (www.openfoam.com).

2.3 Tutorial do OpenFOAM caso MultiRegionHeater

A seguir, foi utilizado o solver chtMultiregionTransfer do módulo heattransfer do tutorial do OpenFOAM para simular a transferência de calor em dissipadores, já que o mesmo leva em conta variações de temperatura, possui um domínio tridimensional e incompressível. Neste solver dois casos são representados no tutorial do OpenFOAM, o caso chtMultiregionHeater e snappyMultiregionHeater, que diferenciam na forma de geração de malha do domínio computacional. Em geral o OpenFOAM apresenta duas formas de geração de malha, com o arquivo blockMesh e com snappyHexMesh. O primeiro é usado para geometrias simples e malhas na forma hexaédrica. No segundo para geometrias complexas ou quando deseja-se obter detalhes muito precisos do domínio computacional ou da geometria. O caso multiRegionHeater utiliza o blockMesh para geração da malha e o caso snappyMultiRegionHeater usa o snappyHexMesh. Por simplicidade, neste trabalho foi usado o caso multiRegionHeater.

2.3.1 – Explicação do caso

Neste caso temos um aquecedor em formado de T (vermelho, dois sólidos (verde) sendo um à esquerda e outro à direita do aquecedor, água (azul) banhando a parte inferior dos sólidos e a base do aquecedor e por fim temos a parte superior dos sólidos e do aquecedor em contato com o ar (branco), como mostra a figura 2 a seguir:

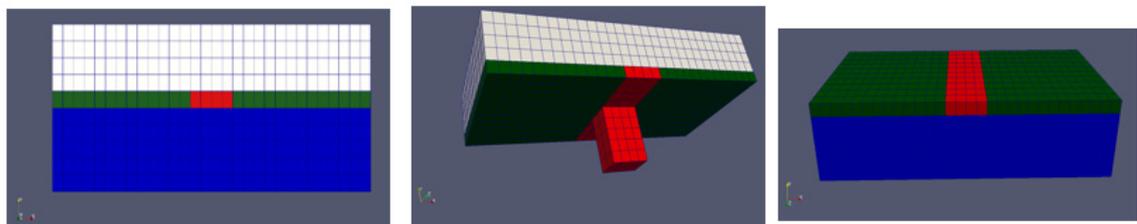


Figura 2 - Vista frontal, superior e inferior respectivamente. Fonte: Própria

2.4 Simulação do Dissipador Reduzido

Nesta etapa foi simulado um dissipador semelhante em dimensões ao dissipador simulado por Gomes (2015), porém com malha reduzida para adequar o tempo de

processamento, a fim de conferir e corrigir as condições iniciais e de contorno, como também de verificar a presença de irregularidades e discrepâncias incoerentes com a física, para esta simulação foram escolhidos parâmetros semelhantes ao do simulado por Gomes (2015) possibilitando a comparação dos resultados podendo assim validar a simulação. Após esse processo partimos para a malha original, com as variações de geometria e condições iniciais e de contorno.

Para a simulação foi escolhido o solver chtMultiregionTransfer do módulo heattransfer do OpenFOAM, já descrito, a variante em relação ao caso anterior seria a malha que foi um pouco mais refinada para este caso, a geometria que agora compõe de um dissipador aletado em um plano de madeira, aquecido pela parte inferior e transferindo calor para o ar ao redor, não há a presença da água neste caso, o que simplifica um pouco se comparado com o anterior. Neste caso inicial a temperatura na base do dissipador foi constante.

2.4.1 Explicação do caso

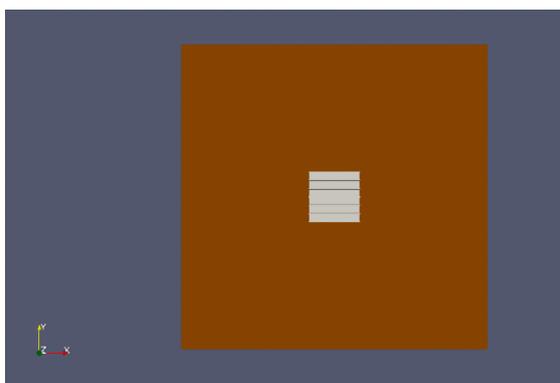


Figura 3 - Vista Superior.

Fonte: Própria.

Neste caso, como dito anteriormente, temos um dissipador aletado (cinza) aquecido pela base com temperatura constante, em um plano de madeira (marrom) que não troca calor com o meio externo e serve como um isolante da parte lateral do dissipador, temos ar em contato com toda a parte superior do conjunto, como se pode observar pela figura abaixo foi simulada uma grande região de atuação ao redor do dissipador, esta área de atuação grande é relacionada ao ar e se deve as previstas recirculações do ar devido ao gradiente de temperatura.

2.5 Simulação do Dissipador Aletado

Finalmente simulou-se o primeiro caso a fim de se obter resultados para análise propriamente dita, para esta simulação foram repetidos os parâmetros da simulação anterior, porém com o domínio e malha semelhantes ao do simulado por Gomes (2015),

com o objetivo de comparar e validar os resultados. Para esta simulação, como pode-se esperar, foram escolhidos os mesmos módulos, solvers, geometria e configuração do problema anterior.

Com a imagem abaixo pode-se observar a diferença de malha e de domínio entre a simulação descrita anteriormente e a com malha original, temos um aumento da malha de 150 mil blocos para 6 milhões de blocos, além do aumento do domínio de um volume de 0,006 para 0,216, aumentando assim consideravelmente o tempo de processamento.

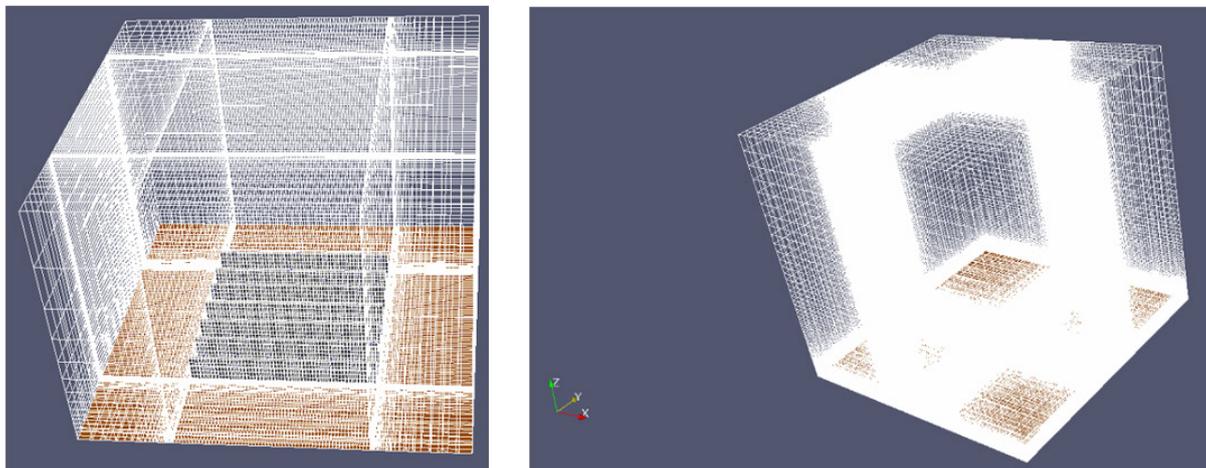


Figura 4 - Malha reduzida (esquerda) e malha original (direita). Fonte: Própria.

3 | RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

3.1 Tutorial do OpenFOAM caso Cavity

A seguir foram apresentados os resultados obtidos do caso Cavity, para este caso foram feitas 3 simulações variando-se o número de Reynolds através da viscosidade do fluido. Como foi mostrado, com o aumento do número de Reynolds há o aumento de movimentações e turbulências no fluido, aumentando o número de recirculações.

3.1.1 Etapas de solução

- Pré-processamento:

Número de Reynolds: Inicialmente o número de Reynolds foi definido alterando a viscosidade dinâmica no arquivo *transportProperties* da pasta *constant*.

Geração de malha: Para o refinamento o Reynolds usado foi 1000 pois possui maior variação dos resultados. O domínio da cavidade foi definido alterando o arquivo *blockMeshDict* na pasta *system*, que se utilizou de um domínio inicial discretizado de 20 por 20 células de acordo com a Figura 2, consiste de um quadrado de lado 0.1m no plano x-y. Para gerar a malha utilizou-se o comando *blockMesh*. Depois aumentou-se a discretização para 50 por 50 células e por fim para 100 por 100 células.

Condições iniciais e de contorno: Uma vez que a malha foi gerada definiu-

se as condições de contorno do problema no qual foram estabelecidas as paredes fixas e móveis. Isto foi realizado abrindo a pasta 0 e definindo a tampa da cavidade como uma parede móvel, e os outros contornos da cavidade como paredes fixas no arquivo U e p. Condições Iniciais: Após definir as condições iniciais do escoamento, foram definidas as condições iniciais fixando o valor constante de 1m/s para U.

Tempo de execução: o tempo de execução foi definido observando o tempo necessário para as propriedades do fluido ficarem constantes, observando os resultados no programa *ParaView*.

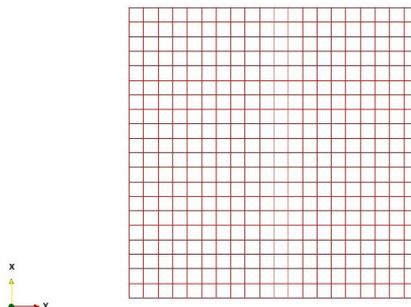


Figura 5 - Malha da cavidade (discretizada de 20 por 20 células), Fonte: Própria.

A escolha da malha foi feita pela menor malha que apresentasse resultados satisfatórios, a qualidade dos resultados foi feita comparando-se a malha com uma mais refinada. A malha escolhida foi a 50 por 50 devido à escassez de pontos nos gráficos da malha de 20 por 20.

- Processamento e pós-processamento:

Inicialmente foi indicada a pasta para o terminal, em seguida executa-se o comando *blockMesh*, para geração da malha, na sequência executa-se o comando *icoFoam*, para resolver numericamente o caso, e finalmente executa-se o comando *paraFoam*, para abrir o programa *ParaView* e visualizar os resultados obtidos.

3.1.2 Resultados do caso cavity

- Distribuição de Pressão:

As distribuições de pressão como visualizado na Figura 6 são contínuas, pois é feito uma interpolação entre as células da malha.

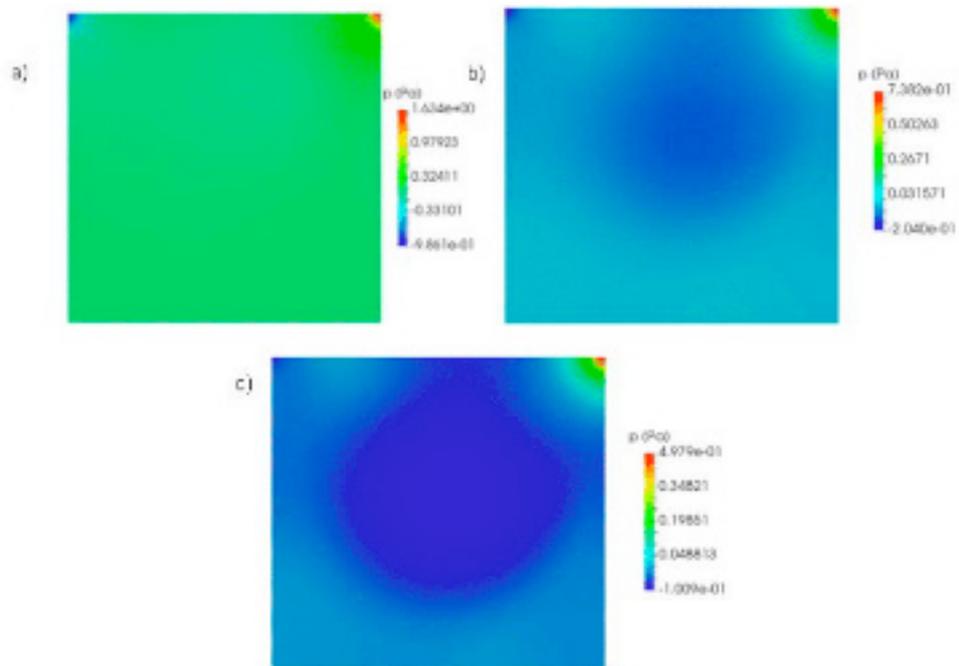


Figura 6 - Distribuição de Pressão no domínio da cavidade para $Re = 100$, $Re = 400$ e $Re = 1000$ respectivamente, Fonte: Própria.

Podemos observar na figura anterior que com o aumento do número de Reynolds há um aumento no gradiente de pressão dentro da cavidade, para Reynolds 100 apenas há gradiente de pressão nas duas extremidades superiores da cavidade, enquanto que para Reynolds 1000 é visível um gradiente de pressão no interior da cavidade.

- Campo de Velocidades:

Para a visualização do campo de velocidade do escoamento utilizou-se vetores *glyph* que são vetores localizados no centro de cada célula, como demonstrados pela figura 7 a seguir.

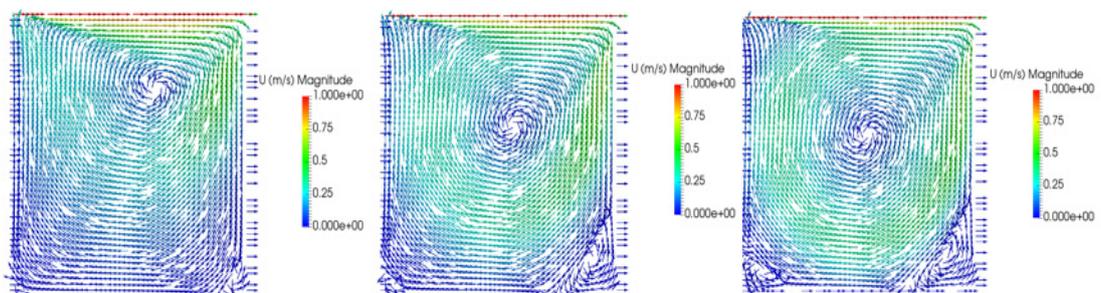


Figura 7 - Campo de velocidade no domínio da cavidade para $Re=100$, $Re=400$ e $Re=1000$, respectivamente.

Fonte: Própria.

A figura mostra que com o aumento do número de Reynolds a parte inferior da

cavidade é mais afetada com os efeitos da velocidade, como também há um grande aumento nas recirculações do fluido.

- Linhas de Corrente:

As linhas de correntes representam a direção instantânea da velocidade das partículas fluidas no domínio da cavidade. Foi observado na Figura abaixo, recirculações na parte inferior da cavidade, isto é, devido ao aumento do número de Reynolds. A significância fundamental do número de Reynolds é que o mesmo permite avaliar a instabilidade do escoamento, logo se conclui que quanto maior o número de Reynolds mais recirculações terá o fluxo.

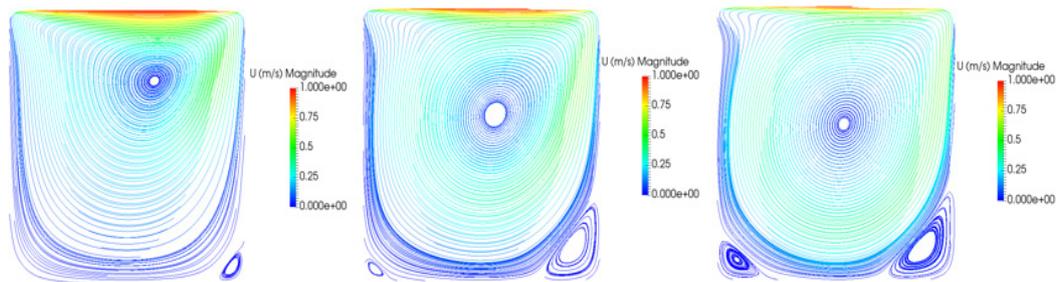


Figura 8 - Linhas de corrente no domínio da cavidade para $Re = 100$, $Re = 400$ e $Re = 1000$ respectivamente,

Fonte: Própria

A figura acima mostra, junto com a figura de campo de velocidades (7) que com o aumento no número de Reynolds há uma maior perturbação do fluido dentro da cavidade e um aumento das recirculações, mostradas nas extremidades inferiores da cavidade.

- Validação dos Resultados:

Para validação dos resultados numéricos comparou-se os perfis de velocidades obtidos com os obtidos experimentalmente por Ghia et al (1982). Foram analisados o comportamento das componentes U_x (μ) e U_y (u) da velocidade em função da posição x e y , na região central da cavidade ($x = 0,5$ e $y = 0,5$), os resultados foram comparados para $Re = 100$, $Re = 400$ e $Re = 1000$ com aproximação semelhante à mostrada na figura 9 abaixo:

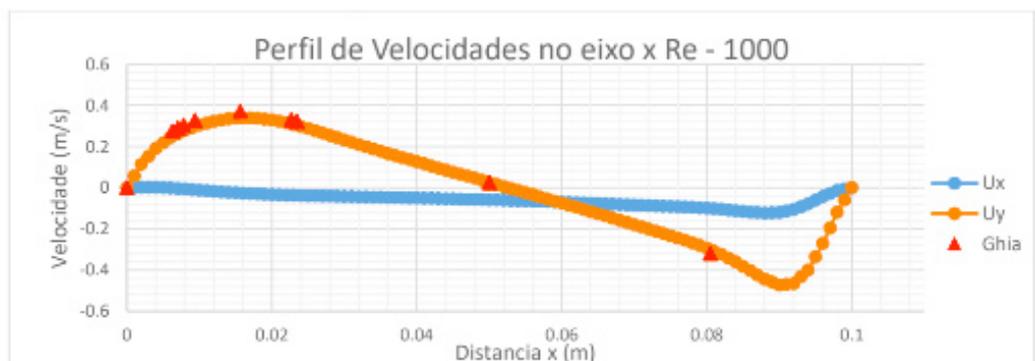


Figura 9 - Perfil de Velocidade no eixo x para $Re=1000$. Fonte: Própria

Com este gráfico é possível analisar que os resultados foram coincidentes com os da literatura obtidos de forma empírica, o que era esperado de uma simulação feita corretamente.

3.2 Tutorial do OpenFOAM caso MultiRegionHeater

Neste caso como foi dito no capítulo 4 trata-se de um aquecedor em formato de “T” com duas placas de metal em suas extremidades, água na região inferior e ar na região superior. A seguir é mostrado as etapas de processamento e as modificações feitas neste caso para adequá-lo à sua utilização como solver do dissipador aletado.

3.2.1 Refinamento da Malha

O primeiro parâmetro que foi estudado e modificado neste tutorial foi a malha, o refinamento da malha foi utilizado na simulação do dissipador. A primeira modificação foi aumentar o número de blocos da malha, gerando assim uma malha mais refinada de maneira geral, na sequência foi estudado o refinamento localizado, onde é refinada apenas as áreas de interesse, dessa forma é possível obter resultados satisfatórios sem aumentar muito o tempo de processamento, mostrado na figura 10 a seguir.

Neste exemplo foi escolhido o refinamento do aquecedor apenas para treino do refinamento em uma região específica, sem nenhum cálculo prévio de refinamento de malha. Todo o refinamento foi feito modificando-se o arquivo *blockMeshDict*, portanto o refinamento utilizado neste tutorial teve o intuito de aprendizado sobre os comandos necessários e métodos de refinamento.

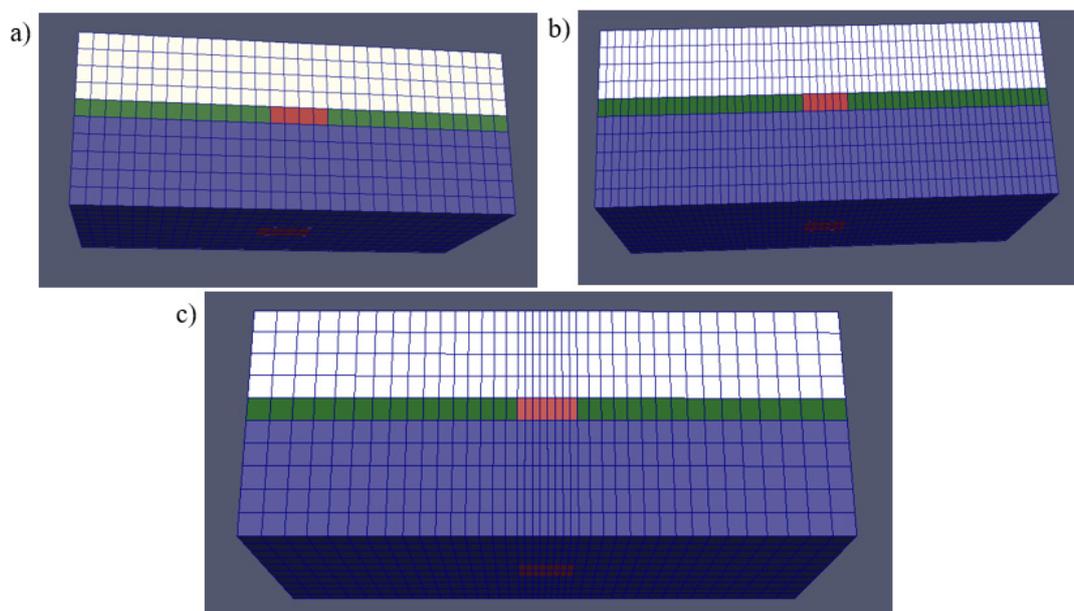


Figura 10 - Refinamento da malha, sendo a) sem refinamento, b) malha refinada, c) malha refinada em região específica.

Fonte: Própria.

3.2.2 Condições de Contorno

Após o refinamento de malha, foi decidido aprender sobre as condições de contorno vigentes no tutorial e como modifica-las.

Portanto foi analisada a pasta 0, contendo as condições iniciais e o arquivo *changeDictionaryDict* na pasta referente a cada região dentro da pasta *System*.

A pasta "0" dita as condições iniciais na região ao redor do sistema simulado, o meio externo, enquanto que o arquivo *changeDictionaryDict* define as condições internas de contorno de cada região em específico, podendo definir propriedades constantes, como por exemplo o campo escalar de velocidades da entrada e da saída da água no sistema. Podemos definir também condições constantes no contato entre duas regiões, como por exemplo definir temperatura constante no contato entre aquecedor e sólido esquerdo, se nada for dito sobre o contato entre duas regiões o programa calcula automaticamente.

As condições de contorno pré-definidas no tutorial foram:

·Água:

- U: 0,001m/s em $x=0$; $U=0$ m/s em $z=0$, $z=\text{máx.}$, $y=0$; Ou seja: água entra a 0,001m/s no sentido positivo do eixo x e não há fluxo de massa entre o sistema e o meio externo no eixo z nem no eixo y.
- T: 300K em $x=0$; Ou seja: A água entra a 300k e não há troca de calor com o meio externo nas laterais ($Z=0$ e $z=\text{máx.}$) nem na parte inferior ($y=0$).

· Aquecedor:

- T: 500k em $y=0$; Temperatura constante na base do aquecedor de 500k. Não há troca de calor entre o aquecedor e o meio externo, como não há troca de calor entre o aquecedor e o sólido esquerdo.

· Sólido Esquerdo:

- T: Não há troca de calor entre o sólido e o aquecedor nem com o meio externo.

· Sólido Direito:

- T: Não há troca de calor entre o sólido e o meio externo.

· Ar:

- U: 0,1m/s em $x=0$; $U=0$ m/s em $z=0$, $z=\text{máx.}$ e $y=\text{máx.}$; Ou seja o ar entra a 0,1m/s no sentido positivo do eixo x e não há fluxo de massa entre o sistema e o meio externo no eixo z nem no eixo y.
- T: 300k em $x=0$; ou seja, o ar entra a 300k e não há troca de calor com o meio externo nos eixos z e y.

· Meio externo:

- T: 300k; Temperatura constante igual a 300k.
- p: 10^5 Pa; Meio externo à pressão atmosférica.

As condições iniciais pré-definidas no tutorial foram:

·Água:

- U: 0,01m/s na direção x positivo para todo o volume.
- T: 300K em todo o volume.
- p: Pressão atmosférica em todo o volume.
- Aquecedor, Sólido Esquerdo e Sólido Direito:
 - T: 300k em todo o volume.
- Ar:
 - U: 0,1m/s na direção x positivo para todo o volume.
 - T: 300k em todo o volume.
 - p: Pressão atmosférica em todo o volume.
- Meio externo:
 - U: 0,1m/s na direção x positivo.
 - T: 300k.
 - p: 10^5 Pa.

3.2.3 Pós-Processamento

Neste caso não há motivo para o estudo do pós-processamento, pois para validar os resultados obtidos seria necessário encontrar um caso semelhante na literatura ou experimentá-lo em laboratório, como este caso não é o foco deste trabalho os resultados obtidos no pós-processamento foram apenas comparados com eles mesmos após modificações nas condições de contorno, domínio e refinamento de malha para experiência e treino próprio. Os resultados não serão publicados aqui pois não foram verificados.

3.3 Simulação do Dissipador Aletado Reduzido

Como dito anteriormente esta é a simulação do dissipador propriamente dito na pesquisa, com malha reduzida a fim de agilizar a obtenção de resultados e correção de erros simples, além de possibilitar a visualização do efeito da redução de malha nos resultados. Os conjuntos de pastas e método de solução são semelhantes ao do caso anterior que foi escolhido exatamente por este motivo. Dito isso não há a necessidade de explicar os arquivos e pastas novamente, apenas informar os valores adotados. Os arquivos e pastas para criação da simulação são semelhantes ao do exemplo anterior, com a diferença de conter apenas 3 elementos sendo eles: heater (dissipador), madeira e air (ar).

3.3.1 Refinamento da Malha

Como o objetivo desta etapa era obter resultados de forma mais rápida, não

foi feito um refinamento da malha e o domínio do problema foi reduzido. A escolha do tamanho da malha foi feita a fim de ser a menor possível, mas que ainda assim atenda às necessidades básicas do problema, ou seja, os blocos de malha continham apenas um material (não havendo ar e madeira no mesmo bloco) e a transição entre os diferentes materiais ocorrendo de maneira sutil, sem discontinuidades. A malha escolhida, como no problema original, foi mais refinada no dissipador do que no resto do domínio, contendo blocos de mesmo tamanho. Nas outras partes do domínio (madeira e ar) a malha foi menos refinada e os blocos aumentam de tamanho conforme se distanciam do dissipador.

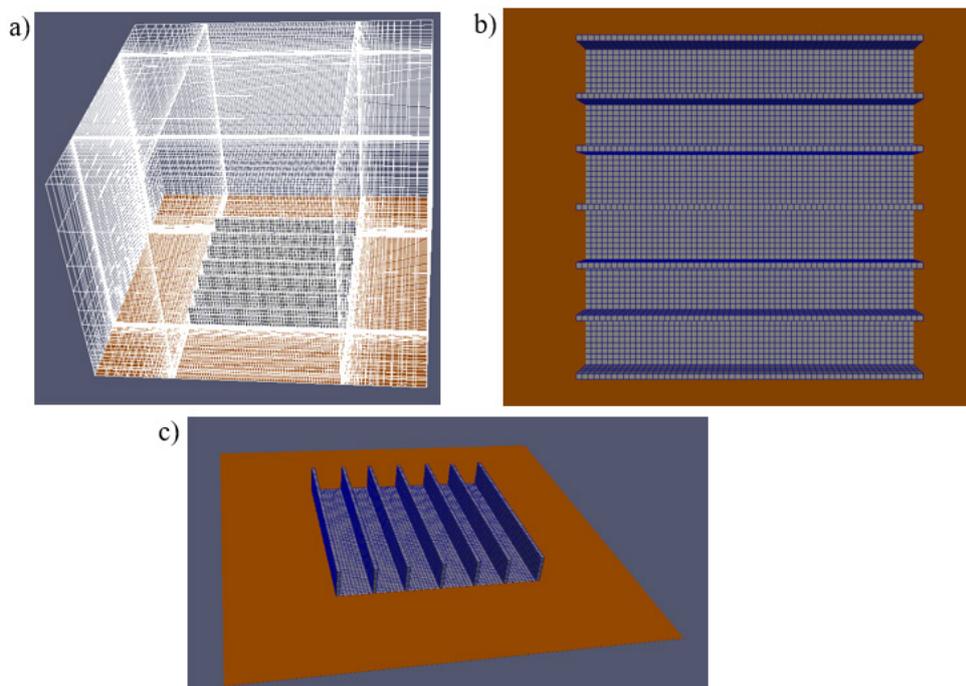


Figura 11 - Malha Reduzida, a) domínio todo, b) dissipador aletado, c) vista isométrica. Fonte: Própria

3.3.2 Pré-processamento

Para as condições iniciais e de contorno foram definidos os seguintes parâmetros:

· Ar

- $U = 0$ m/s em todo domínio, ou seja, o ar se inicia parado e o contorno é um ambiente fechado.
- $T = 295,6309$ K em todo domínio, temperatura inicial do ar e temperatura da parede.
- Pressão = 10.000 Pa em todo domínio, pressão atmosférica.

· Dissipador

- $T = 295,6309$ K em todo domínio com exceção do contorno na base (todo plano do dissipador com eixo $z = 0$) que está constantemente a 369,26 K. Portanto o dissipador aquece da base para as pontas das aletas.

- Madeira
 - $T = 295,6309$ K para todo domínio.

Foi definido também no pré-processamento editando o arquivo *controlDict*, já citado anteriormente, o tempo de simulação de 25 segundos, intervalo entre visualizações de 0,1 segundos e foram criadas duas sondas, artifícios utilizados para medir a variação de determinada grandeza física em um ponto específico, uma na ponta da aleta central e outra no ar logo acima da primeira sonda, com a finalidade de medir a variação de temperatura. A posição específica das sondas no ar e na aleta foram (0,15 0,15 0,02) e (0,15 0,15 0,017) nos eixos x, y e z respectivamente.

3.3.3 Pós-Processamento

Após o processamento do caso, ele foi visualizado no ParaView, permitindo assim a análise da distribuição de temperatura, velocidade do escoamento do ar, linhas de corrente e campo de velocidades.

- Distribuição de temperatura:

Na figura 12 abaixo pode-se reconhecer claramente o dissipador aletado (vermelho) com temperatura aparentemente constante e uniforme de 370K e também a dissipação de calor através do ar, gerando recirculações. Devido ao número ímpar de aletas e a condição de contorno do ar pode-se observar que o ar aquecido pela aleta central inicia a recirculação apenas no topo do domínio e as recirculações são de grande influência na transferência de calor do dissipador para o ar, assim vemos que a altura do domínio (eixo z) tem grande importância na simulação.

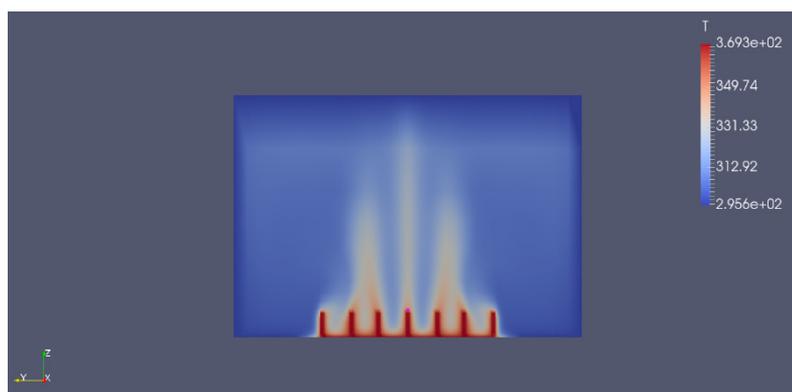


Figura 12 - Distribuição de temperatura. Fonte: Própria.

- Campo de Velocidades:

Na figura 13 abaixo podemos observar o escoamento do fluido (ar), há a presença de dois grandes vórtices, um de cada lado, responsáveis pela recirculação do ar, fazendo com que o ar quente suba pelo centro e retorne pela periferia. Pode-se observar também a indicação de recirculações nos espaços entre as aletas, auxiliando

assim a dissipação de calor pelas laterais das aletas.

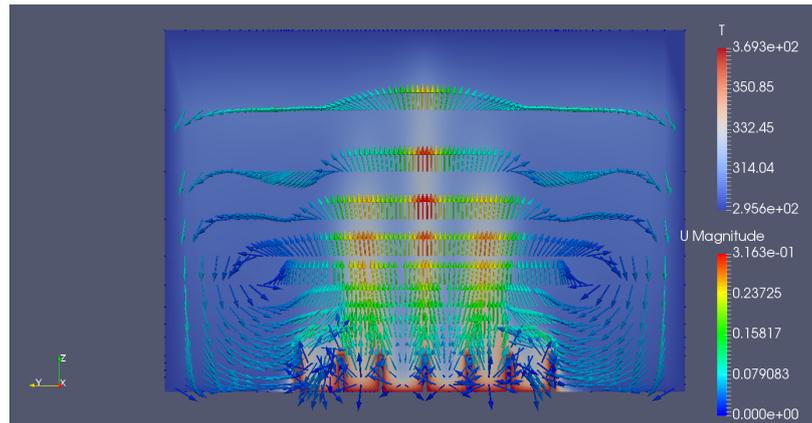


Figura 13 - Campo de velocidades. Fonte: Própria.

- Linhas de corrente:

Representam a direção instantânea da velocidade, no caso cavity foi mostrado linhas de corrente em um plano, neste caso, mais complexo, as linhas de corrente são apresentadas planificadas de uma visualização 3D, devido ao método de integração das velocidades utilizado (Runge-Kutta) foi necessário um volume.

Através das linhas de correntes mostradas na figura 14 fica fácil notar as recirculações do ar, e o sentido do escoamento. Este comportamento era o esperado em um volume fechado onde o ar não pode escapar, gerando assim recirculações.

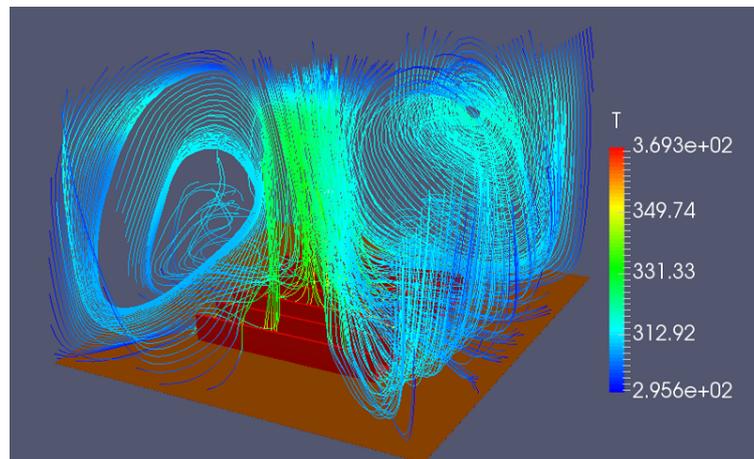


Figura 14 - Linhas de Corrente. Fonte: Própria.

- Sondas:

Como dito no pré-processamento, foram colocadas duas sondas na simulação, uma na aleta e outra no ar logo acima da aleta, a fim de poder verificar a variação da temperatura com o tempo. Assim foi possível criar os dois gráficos a seguir:



Figura 15 - Variação de temperatura da sonda no aquecedor.

Fonte: Própria.

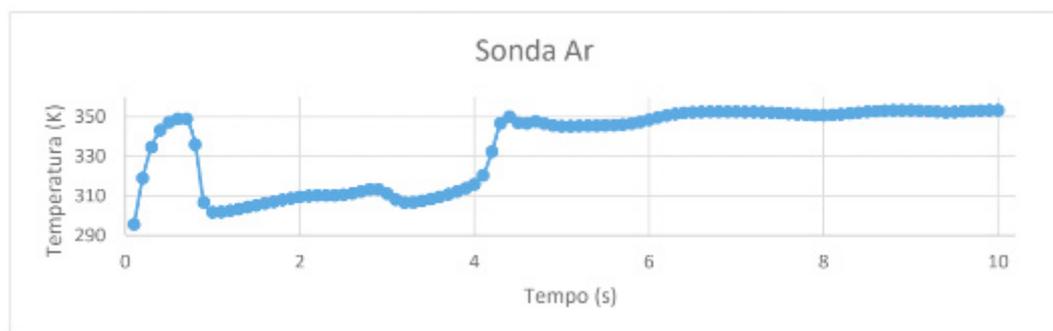


Figura 16 - Variação de temperatura da sonda no ar.

Fonte: Própria.

Através de ambas as imagens podemos observar que no início da simulação há várias discontinuidades na temperatura, devido ao início da movimentação do ar e diferença inicial de temperaturas entre o dissipador e o ar, esta diferença de temperatura mostra a diferença na condutividade de calor do dissipador e do ar, o dissipador se aquece mais rápido que o ar e fica com temperatura mais constante (variações de até 1 K), enquanto que o ar demora mais para se aquecer e possui maior gradiente de temperaturas (variações de 50 K).

- Resíduos:

Um parâmetro importante a ser analisado para validação dos resultados, são os valores residuais das iterações, indicam o erro residual durante o processamento. Quando as iterações convergem os valores residuais diminuem, ao passo que quando os valores residuais aumentam significa que as iterações estão divergindo, indicando assim um erro no processamento ou nas condições de contorno. A figura 16 a seguir mostra os residuais para as variáveis referentes a velocidade do ar, indicando que as iterações convergiram.

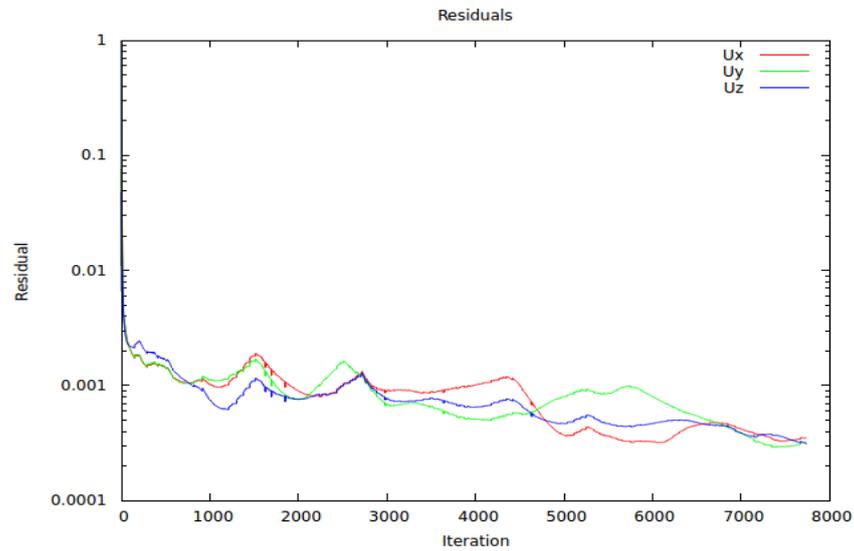


Figura 17 - Erro dos componentes da velocidade do ar em cada iteração.
Fonte: Própria.

3.4 Simulação do Dissipador Aletado

Como descrito no capítulo anterior esta é a simulação do dissipador semelhante a feita por Gomes (2015), e o caso reduzido já foi explicado e demonstrados os resultados.

3.4.1 Refinamento da Malha

Para o refinamento da malha, o ideal seria que fosse analisado os resultados após cada refinamento e quando os mesmos não variassem de um refinamento para o próximo a malha pode ser considerada como suficiente, neste caso, porém, como as condições de pré-processamento já foram feitas no artigo de Gomes (2015), não há a necessidade de fazer o refinamento todo novamente, portanto foi adotado o refinamento escolhido por Gomes (2015). As imagens abaixo mostram os detalhes da malha.

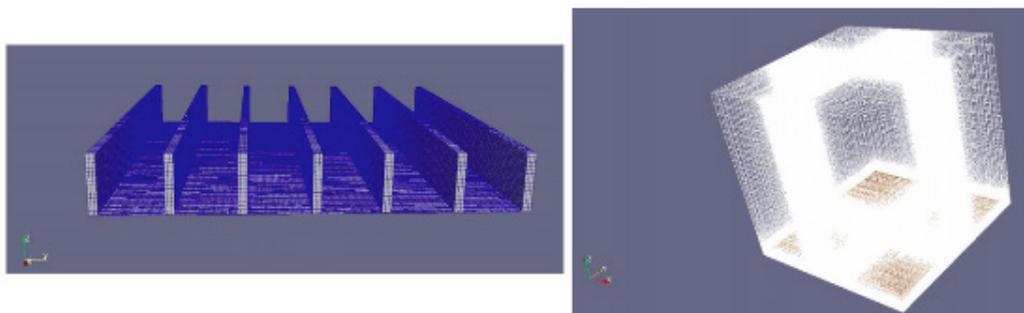


Figura 18-Refinamento da malha, dissipador aletado (esquerda), domínio todo (direita).
Fonte: Própria.

3.4.2 Pré-processamento

Para as condições iniciais e de contorno foram definidos os mesmos parâmetros do caso reduzido:

·Ar

- $U = 0$ m/s em todo domínio.
- $T = 295,6309$ K em todo domínio.
- Pressão = 10.000 Pa em todo domínio.

·Dissipador

- $T = 295,6309$ K em todo domínio com exceção da base que está constantemente a 369,26 K.

·Madeira

- $T = 295,6309$ K para todo domínio.

Semelhante ao caso reduzido, foi definido o tempo de simulação de 10 segundos, intervalo entre visualizações de 0,1 segundos e foram criadas duas sondas, uma na ponta da aleta central e outra no ar logo acima da primeira sonda. A posição específica das sondas no ar e na aleta foram (0,15 0,15 0,02) e (0,15 0,15 0,017) nos eixos x, y e z respectivamente.

3.4.3 Pós-Processamento

Devido ao refinamento da malha e ao volume do espaço simulado, a utilização da capacidade de processamento e da alocação de memória do computador disponível foi crítica. Somado a isso houve interrupções no processamento devido à queda de energia, assim dos 10 segundos programados para serem processados, foi possível obter resultados de apenas 0,5 segundos de simulação, como 0,5 segundos não é suficiente para o escoamento se desenvolver completamente não foi possível visualizar resultados passíveis de comparação com o caso simulado por Gomes (2015).

4 | CONCLUSÕES

Neste relatório, foi apresentado um estudo de temas relacionado a utilização de métodos numéricos e sua importância, assim como um estudo do programa de código aberto OpenFOAM contendo a realização de tutoriais, foi feita uma análise sobre o refinamento de malhas numéricas e algumas simulações foram realizadas e seus resultados comparados com o da literatura.

Em relação ao estudo de temas este relatório contém uma revisão bibliográfica, contendo menções a várias geometrias das aletas dos dissipadores, posições variadas, convecções naturais e forçadas, dados contidos na literatura, entre outras coisas. Portanto este objetivo de estudo foi realizado satisfatoriamente.

No que diz respeito ao estudo do OpenFOAM e realização de tutoriais, em ambos tutoriais (*Cavity* e *multiRegionHeater*) foram modificados os arquivos iniciais do programa e feitas simulações para diferentes malhas, condições iniciais, tempos de execução, entre outros. Ambos os tutoriais simularam suas respectivas situações de modo satisfatório, no caso *Cavity* comprovado pela comparação com os dados obtidos empiricamente por Ghia et al (1982). Assim, pode-se concluir que este objetivo foi cumprido como o esperado.

Em se tratando da simulação do caso reduzido, foi possível observar e corrigir alguns erros simples que tinham passado despercebidos até então, como a direção da aceleração da gravidade; o processamento foi rápido e os resultados foram condizentes com o esperado, após a correção de alguns parâmetros, foi possível também observar o efeito de um volume pequeno para a simulação, aprender sobre a utilização de sondas e conferir os resíduos das iterações.

A simulação final em tamanho original, como explicada no capítulo anterior, não pôde ser concluída, assim o processamento do caso e estudo dos resultados ficam como sugestão de trabalhos futuros.

Portanto a pesquisa foi de grande auxílio no entendimento de diversas disciplinas da grade de engenharia mecânica da Universidade Federal de Itajubá, pois os fundamentos de dinâmica dos fluidos são fundamentais para estas disciplinas e amplamente utilizado tendendo a especificar os conceitos (vistos de forma geral em transferência de calor) em suas respectivas áreas de estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus e às nossas famílias pelo apoio. Agradecemos também à CAPES e à FAPEMIG pela oportunidade, suporte tecnológico e financiamento, sem o qual nada disso seria possível.

REFERÊNCIAS

AIHARA T., MARUYAMA S., KOBAYAKAWA S., (1989), Free Convective/Radiative Heat Transfer from Pin-fin Arrays with a Vertical Base Plate, Japan, 10p.

CHAPMAN C. L., LEE S., SCHMIDT B. L., (1994), THERMAL PERFORMANCE OF AN ELLIPTICAL PIN FIN HEAT SINK, Aavid Engineering, Inc., Laconia, **New Hampshire and Silicon Graphics Computer Systems**, Mountainview, California, 7p.

GHIA U., GHIA K. N., (1982), **High-Re solutions for incompressible flow using the Navier-Stokes equations and a multigrid method**, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, USA, 25p.

GOMES, L. A. C. N. (2015), **Estudo da Transferência de Calor em Dissipadores Usando OpenFOAM**, Itajubá, 96p. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá.

GOSHAYESHI H. R, AMPOFO F. (2009), **Heat Transfer by Natural Convection from a Vertical and Horizontal Surfaces Using Vertical Fins**, London, UK, 89p.

HALDAR S. C., MANNA S., (2011), **FREE CONVECTION LIMIT TO HEAT TRANSFER FROM**

HEATSINKS WITH SQUARE FINS ON A HORIZONTAL BASE: COMPARISON WITH CYLINDRICAL FINS, Haldia, Medinipur (E), West Bengal, India, 12p.

HOU S., ZOU Q., CHEN S., DOOLEN G. D., COGLEY A. C., (1993), **Simulation of Cavity Flow by the Lattice Boltzmann Method**, Los Alamos, NM, United States, 46p.

HUANG RT, SHEU WJ, WANG CC. **Orientation effect on natural convective performance of square pin fin heat sinks**. Int J Heat Mass Transfer 2008; 51p.

LEDEZMA G., BEJAN A., (1995), **Heat Sinks with Sloped Plate Fins in Natural and Forced Convection**, Department of Mechanical Engineering and Materials Science, Duke University, Durham, 11p.

OMARI R., (2013), **CFD SIMULATIONS OF LID DRIVEN CAVITY FLOW AT MODERATE REYNOLDS NUMBER**, Department of Mathematics, Al-Balqa Applied University, Irbid University college, Irbid, Jordan, 35p.

SANTOS, Flávia Milo. **Análise Numérica da Transferência de Calor em Dissipadores Aletados**. 2009. 99p. Tese de Mestrado, Área de Aerodinâmica, Propulsão e Energia – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

WHITE, F.M., “**Fluid Mechanics**” Mc Graw Hill, 2002

YU S., LEE K., YOON S., (2010), **Natural Convection around a Radial Heat Sink**, Seoul, Republic of Korea, 4p.

FATORES TERMODINÂMICOS ASSOCIADOS À CONVECÇÃO PROFUNDA SOBRE A REGIÃO DO CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA

Gabriel Miller de Oliveira

Instituto de Recursos Naturais – Universidade
Federal de Itajubá
Itajubá – MG

Marcos Daisuke Oyama

Instituto de Aeronáutica e Espaço – Departamento
de Ciência e Tecnologia Aeronáutica
São José dos Campos - SP

RESUMO: Este capítulo aborda a questão do aprofundamento da convecção (convecção rasa *versus* profunda) sobre a região do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) por meio da implementação e do uso de um modelo de parcela de ar (*parcel model*). O modelo obtém o movimento vertical gerado pelo empuxo e inclui os processos de entranhamento e mudança de fase entre vapor e água líquida. Foram utilizados perfis verticais médios às 00, 06, 12 e 18 UTC obtidos de dados de radiossondagens coletados durante dois experimentos realizados no CLA, um na estação seca (Murici-2) e o outro na estação chuvosa (GPM-2010). Preliminarmente, concluiu-se que a convecção seca (ou seja, utilizando o modelo de parcela com ar seco somente) fica confinada em baixos níveis independentemente das condições do ambiente. Então, utilizando o modelo de parcela com ar úmido, os resultados mostraram que, sob condições secas, o aprofundamento da

convecção dependeria, em geral, da existência de forçantes dinâmicas muito intensas (velocidades verticais $> 8 \text{ m s}^{-1}$ em baixos níveis). Sob condições úmidas, ao contrário, a convecção profunda poderia ocorrer, em geral, sob forçantes dinâmicas menos intensas (velocidades verticais $> 2 \text{ m s}^{-1}$ em baixos níveis). Logo, na região do CLA, a prevalência de convecção profunda (rasa) na estação chuvosa (seca) seria explicada pela existência (ausência) de uma forçante dinâmica intensa em baixos níveis quando pequena (grande) intensidade seria necessária para aprofundar a convecção.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo de parcela; Instabilidade; Precipitação.

ABSTRACT: This chapter addresses the issue of the deepening of convection (convection shallow versus deep) on the region of the Alcântara Launch Center (CLA) through the implementation and use of an air parcel model. The model obtains the vertical movement generated by the buoyancy and includes the entrainment processes and the phase change between steam and liquid water. Average vertical profiles were used to 00, 06, 12 and 18 UTC obtained from radiosondes data collected during two experiments conducted in CLA, one in the dry season (Murici-2) and the other in the rainy season (GPM-2010). Preliminarily, it

was concluded that the dry convection (using the parcel model with dry air only) stays confined at low levels regardless of ambient conditions. Then, using the parcel model with moist air, the results showed that under dry conditions, the depth of convection depend, in general, the existence of very intense dynamic forcings (vertical speeds $> 8 \text{ ms}^{-1}$ at low levels). Under humid conditions, on the contrary, the deep convection would occur, generally under less severe dynamic forcings (vertical velocities $> 2 \text{ ms}^{-1}$ at low levels). Thus, in the CLA region, the prevalence of deep (shallow) convection in the rainy (dry) season would be explained by the presence (absence) of an intense dynamic forcing at low levels when small (large) intensity would be required to deepen convection.

KEYWORDS: Parcel model; Instability; Precipitation.

1 | INTRODUÇÃO

Na região do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), no trimestre de março a maio, que corresponde ao outono austral, ocorre a estação chuvosa, quando eventos de convecção profunda são frequentes, enquanto no trimestre de setembro a novembro, que corresponde à primavera austral, ocorre a estação seca, quando eventos de convecção profunda são raros (Pereira et al., 2002). Para explicar esse ciclo anual, considera-se que, na estação chuvosa, nuvens convectivas rasas encontrariam condições dinâmicas e termodinâmicas favoráveis ao seu aprofundamento; na estação seca, essas condições seriam desfavoráveis. Neste capítulo, o objetivo é verificar alguns aspectos dessa explicação por meio da implementação e do uso de um modelo de parcela de ar (*parcel model*). A motivação é que um melhor entendimento das condições associadas ao aprofundamento da convecção poderia assistir a previsão de precipitação durante as campanhas de lançamento de foguetes no CLA, pois a ocorrência de chuva tem o potencial de restringir as atividades durante as campanhas (Marques e Fisch, 2005).

O modelo de parcela de ar obtém o movimento vertical de uma parcela de ar devido ao empuxo resultante das diferenças de densidade entre a parcela e o ambiente ao seu redor. Pela sua simplicidade, esse tipo de modelo é atualmente empregado em testes iniciais de esquemas de microfísica de nuvens (p.ex., Diehl et al., 2006). Neste capítulo, o modelo de parcela não possui nenhum esquema de microfísica, pois o interesse está somente na altura final atingida por uma parcela que ascende a partir dos níveis troposféricos mais baixos sobre a região do CLA. Em tese, parcelas úmidas que conseguem vencer a barreira imposta pela CINE (*convective inhibition energy*) podem utilizar a CAPE (*convective available potential energy*) para atingir os altos níveis; as que não conseguem vencer ficam confinadas nos baixos níveis. As condições atmosféricas do ambiente são perfis médios obtidos de dados de radiossondagens coletados no CLA.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O modelo de parcela prognostica a velocidade vertical, a temperatura, a razão de mistura (de vapor) e razão de mistura de água líquida da parcela. O movimento vertical é forçado pelo empuxo, ou seja, pelas diferenças de temperatura virtual entre a parcela e o ambiente. Os processos termodinâmicos incluem o resfriamento/aquecimento adiabático, o aquecimento (resfriamento) diabático devido à condensação (evaporação) e a mistura isobárica devido ao entranhamento de ar do ambiente. A formulação do modelo baseia-se na apresentada pelo Dr. Mark G. Lawrence¹. O modelo é integrado numericamente com passo de tempo de 10 s. A taxa temporal de entranhamento é de 10^{-3} s^{-1} , e somente 50% do condensado é retido a cada passo de tempo. Esses parâmetros são considerados fixos em todos os experimentos. O modelo é codificado em FORTRAN 95, e os gráficos são elaborados utilizando o pacote OriginPro 9.0.

Os perfis verticais médios às 00, 06, 12 e 18 UTC² (correspondentes ao ambiente) foram obtidos de dados de radiossondagens coletados durante dois experimentos realizados no CLA: Murici-2 (17-25/09/2008) e GPM-2010 (01-25/03/2010). As condições secas são representadas pelos perfis do experimento Murici-2 e dos 18 dias iniciais do experimento GPM-2010 (01-18/03/2010), quando ainda não havia se iniciado a estação chuvosa. As condições úmidas são representadas pelos últimos 7 dias do experimento GPM-2010 (19-25/03/2010). A descrição dos experimentos encontra-se em Reuters (2013).

A posição e a temperatura inicial da parcela correspondem à média dos primeiros 500 m (a partir da superfície) do ambiente. A velocidade inicial é ascendente e varia de 1 a $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ conforme o experimento.

3 | RESULTADOS

3.1 Modelo de parcela de ar seco

Inicialmente, apresentam-se os resultados do modelo de parcela considerando o ar seco. O intuito é verificar se, sem a liberação de calor latente devido ao processo de condensação, seria possível às parcelas atingirem os níveis mais altos da troposfera. A Figura 1 mostra a cinemática da parcela de ar em ambientes diferentes às 12 UTC com entranhamento de ar seco. Na estação seca, a parcela de ar atinge altitudes mais elevadas (cerca de 800 m) e o período de oscilação é de aproximadamente 10 min (= 600 s), que corresponde ao valor típico da frequência de Brunt-Vaisala na média troposfera ($\sim 10^{-2} \text{ s}^{-1}$). No período seco da estação chuvosa, o comportamento é semelhante, com uma altitude máxima atingida menor (cerca de 600 m) e um período

1 <http://www.docstoc.com/docs/100875220/Chapter-1-The-cloud-parcel-model>

2 Em Meteorologia, os horários são normalmente expressos em UTC (*Coordinated Universal Time*). Para o CLA, o horário local é obtido subtraindo-se 3 h do horário UTC.

de oscilação um pouco maior (em torno de 15 min). O maior período de oscilação decorre de menor estabilidade na atmosfera livre (Figura 2), o que leva a uma menor frequência de Brunt-Vaisala. No período úmido da estação chuvosa, a parcela fica confinada nos níveis mais baixos (a altitude máxima que não ultrapassa os 300 m) com período de oscilação pouco menor que 10 min. Isso ocorre porque, diferentemente dos períodos secos, a camada residual é pouco profunda no período úmido (Figura 2).

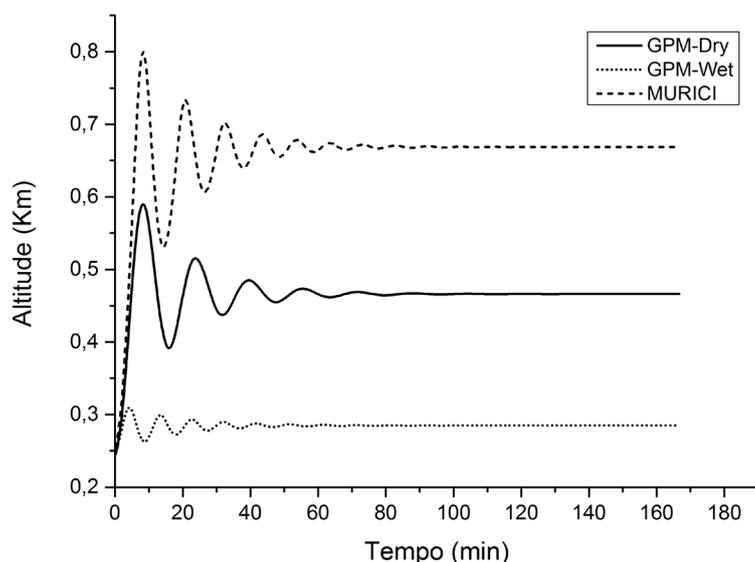


Figura 1 – Cinemática da parcela de ar às 12 UTC no experimento Murici-2 (traço) e GPM-2010: período seco (linha) e chuvoso (ponto) com taxa de entranhamento de 10^{-3} s^{-1} .

Como mencionado na seção 2 (Material e Métodos), o entranhamento é incluído nos cálculos da dinâmica da parcela. Trata-se de uma melhoria em relação ao trabalho anterior de Daher (2011). Para fins de ilustração, a Figura 3 mostra o comportamento de uma parcela de ar no período seco com diferentes magnitudes de taxa de entranhamento. Como esperado, quando se diminui (aumenta) o valor do entranhamento, maior (menor) é a altitude atingida pela parcela, devido à maior (menor) amplitude de oscilação, e maior (menor) é o período de oscilação.

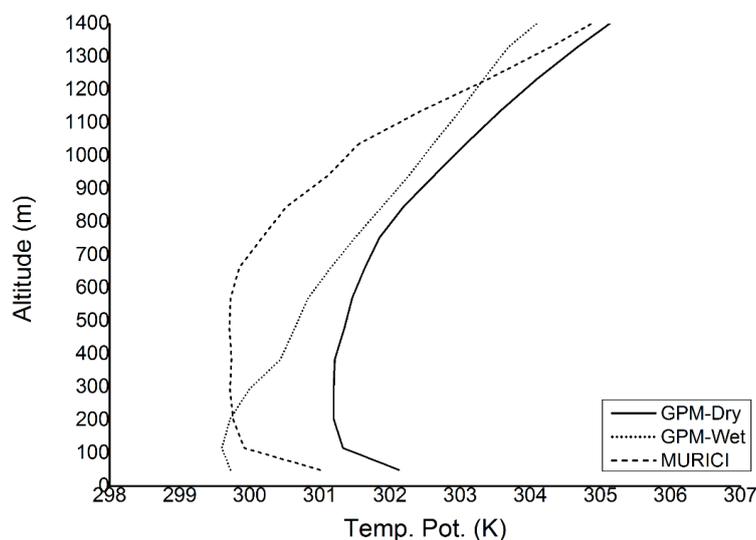


Figura 2 – Perfil de temperatura potencial do ambiente nos experimentos Murici-2 e GPM-2010: período seco (azul) e chuvoso (vermelho). Horário: 12 UTC.

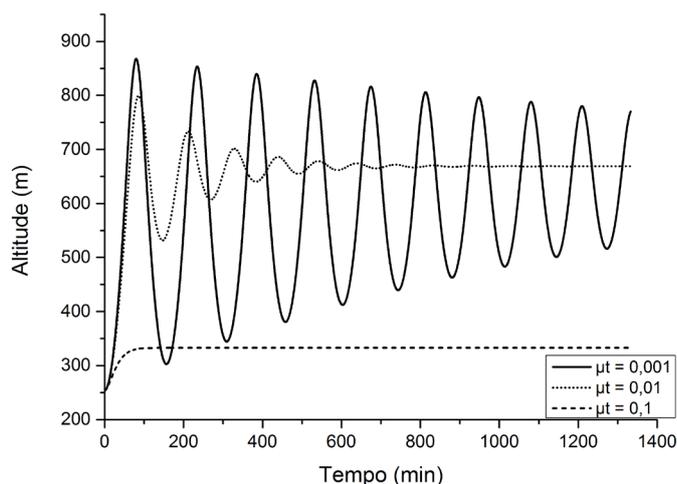


Figura 3 – Variação da oscilação de uma parcela de ar a diferentes valores de entrainment às 12 UTC da estação seca.

Em relação ao ciclo diário, na Figura 4, há um padrão geral, com menores valores de altura (em que a parcela de ar se estabiliza) durante a noite (00 e 06 UTC), e maiores valores durante o dia (12 e 18 UTC). A altura máxima ocorre às 18 UTC, coincidindo com o horário de maior instabilização da atmosfera em baixos níveis, exceto na estação seca (quando a altura máxima é atingida às 12 UTC). Durante a noite, as alturas permanecem praticamente constantes (pouca diferença entre as altitudes em 00 e 06 UTC). Logo, considerando todos os horários do dia, as alturas atingidas pela parcela variam de 400 a 700 m, ou seja, parcelas de ar seco provenientes de baixos níveis não são capazes de atingir os altos níveis da troposfera.

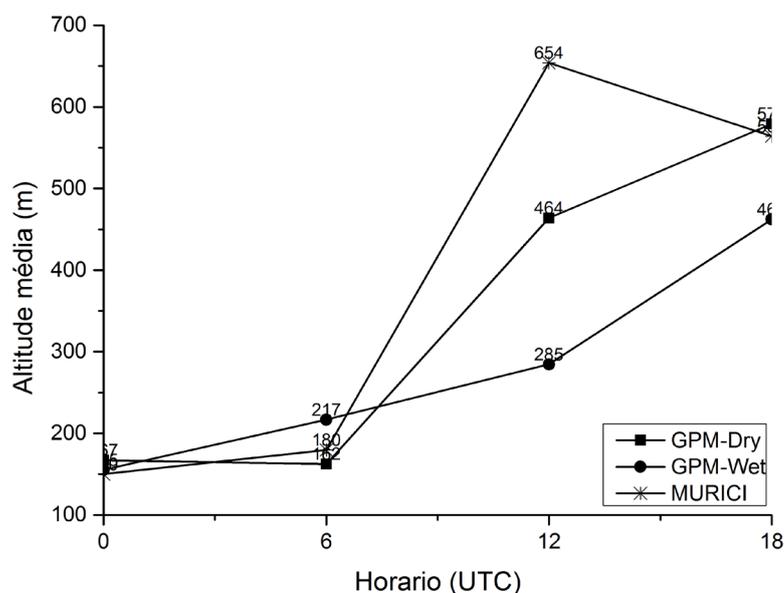


Figura 4 – Alturas atingidas pelas parcelas em função do horário para os experimentos Murici-2 e GPM-2010: período seco e úmido, utilizando o modelo de ar seco.

3.2 Modelo de parcela de ar úmido

Utilizando o modelo de ar úmido, a cinemática da parcela de ar às 12 UTC está mostrada na Figura 5. A parcela de ar atinge maiores altitudes, em relação ao modelo de ar seco, em todos os períodos analisados devido à liberação de calor latente associada à condensação de vapor d'água (não mostrado).

Com a variação dos valores de velocidade vertical foram obtidas as Figuras 6, 7 e 8, que mostram a altura final da parcela em função da velocidade vertical inicial (aplicada no instante inicial, quando a parcela se encontra nos níveis troposféricos mais baixos).

Para a estação seca (Figura 6), nota-se que há a possibilidade de ocorrência de convecção profunda às 00, 06 UTC e 12 UTC. Para 06 e 12 UTC, a velocidade vertical precisa ser superior a 8 m s^{-1} para haver convecção profunda. Trata-se de um valor muito alto, ou seja, seria necessária uma forçante dinâmica muito intensa para aprofundar a convecção. Para 00 UTC, pode haver ocorrência de convecção profunda para velocidades verticais maiores que 2 m s^{-1} . Para 18 UTC, as parcelas ficam confinadas em baixos níveis para todas as velocidades verticais $\leq 10 \text{ m s}^{-1}$.

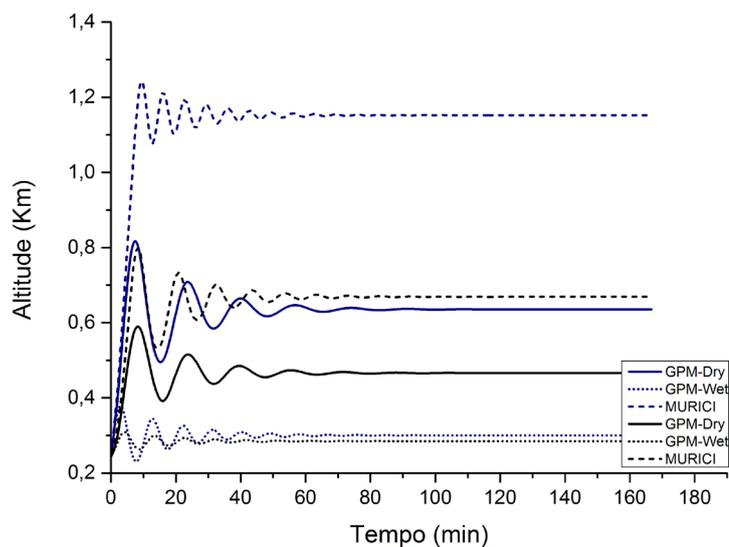


Figura 5 – Comparação da cinemática da parcela de ar do modelo de ar seco (preto) e do modelo de ar úmido (azul) com a mesma velocidade vertical inicial (1 m s^{-1}).

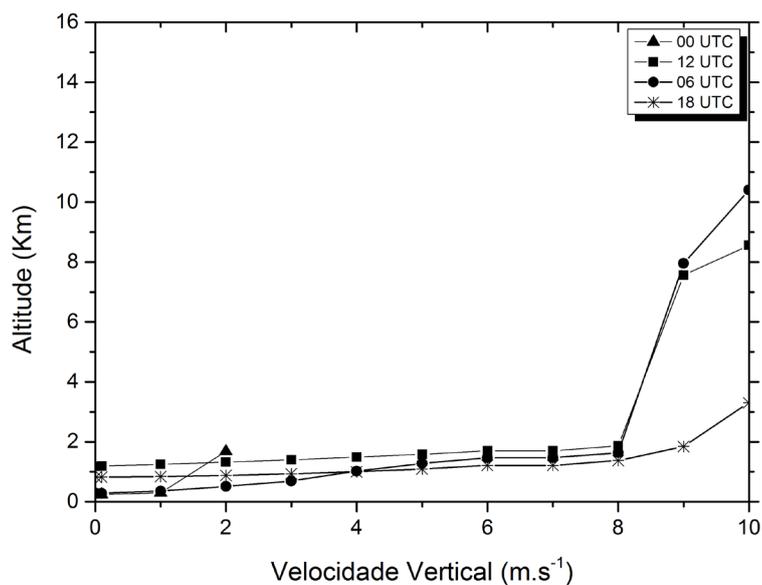


Figura 6 – Altitude da parcela de ar em função da variação de velocidade vertical inicial na estação seca (Murici-2).

Para o período seco da estação chuvosa (Figura 7), o comportamento em todos os horários é similar ao da estação seca nos horários de 06 e 12 UTC: pode haver ocorrência de convecção profunda quando a velocidade vertical é superior a 8 m s^{-1} .

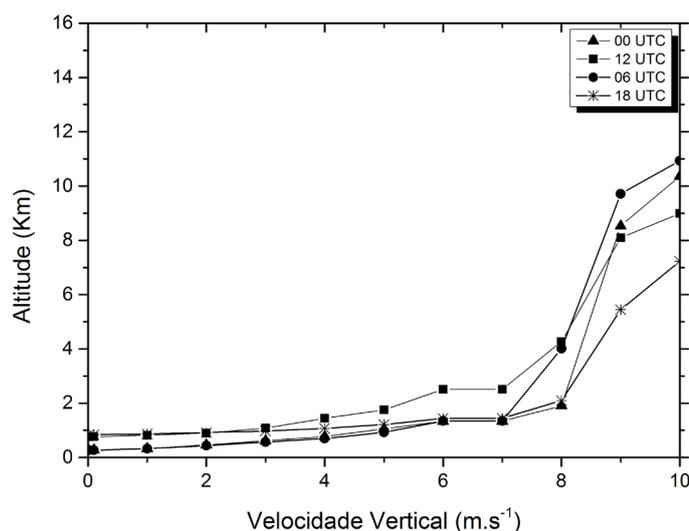


Figura 7 – Altitude da parcela de ar em função da variação de velocidade vertical inicial no período seco da estação chuvosa (GPM-Dry).

Período úmido da estação chuvosa (Figura 8), com velocidade vertical $> 2 \text{ m s}^{-1}$ já se observa predisposição à ocorrência de convecção profunda em todos os horários, exceto às 18 UTC, quando a convecção é aprofundada somente para velocidades verticais $> 8 \text{ m s}^{-1}$. Em relação aos períodos secos, a possibilidade de convecção profunda ocorre na maior parte do dia durante o período úmido. Isso concorda com os resultados de Oliveira e Oyama (2009).

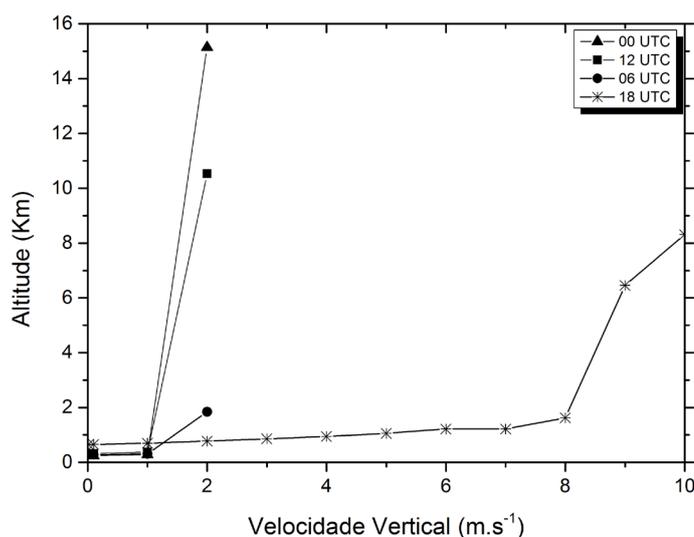


Figura 8 – Altitude da parcela de ar em função da variação de velocidade vertical inicial no período úmido da estação chuvosa (GPM-Wet).

Em todos os períodos, há maior dificuldade de aprofundamento da convecção no horário de 18 UTC. Isso não era esperado, visto que 18 UTC é o horário de maior

instabilização da atmosfera. Uma explicação é que a circulação de brisa traz ar oceânico mais frio para a região do CLA durante a tarde, deixando os níveis mais baixos da troposfera menos instáveis.

4 | CONCLUSÕES

Para a região do CLA, no caso do ar seco, existe um padrão geral no ciclo diário das alturas atingidas pela ascensão de uma parcela de ar que representa as condições médias da camada de 500 m a partir da superfície. Os menores valores de altura ocorrem durante a noite (00 e 06 UTC), enquanto os maiores valores ocorrem durante o dia (12 e 18 UTC). As alturas, no entanto, ficam confinadas em baixos níveis, ou seja, a convecção seca não consegue se aprofundar.

No caso do ar úmido, tanto na estação seca quanto no período seco da estação chuvosa, a possibilidade de ocorrência de convecção profunda em geral depende de velocidades verticais muito altas ($> 8 \text{ m s}^{-1}$), ou seja, de forçantes dinâmicas muito intensas. No período úmido da estação chuvosa, ocorre o contrário: na maior parte do dia, a convecção profunda pode ocorrer sob forçantes dinâmicas menos intensas (velocidades verticais $> 2 \text{ m s}^{-1}$).

Os resultados obtidos permitem concluir que, na região do CLA, a prevalência de convecção profunda na estação chuvosa seria explicada pela existência de uma forçante dinâmica intensa em baixos níveis, como a Zona de Convergência Intertropical, quando pequena intensidade seria necessária para aprofundar a convecção. Na estação seca, a prevalência de convecção rasa seria explicada pela ausência de uma forçante dinâmica intensa em baixos níveis quando isso seria necessário para aprofundar a convecção.

REFERÊNCIAS

DAHER, V. Movimento vertical das parcelas de ar sobre o Centro de Lançamento de Alcântara a partir de dados de radiossondagens. **Relatório parcial de iniciação científica**. São José dos Campos, 2011.

DIEHL, K.; SIMMEL, M.; S. WURZLER. Numerical sensitivity studies on the impact of aerosol properties and drop freezing modes on the glaciation, micro physics, and dynamics of clouds. **Journal of Geophysical Research**, n.1, v. 111, p. 1-15. 2005.

MARQUES, R. F. C.; FISCH, G. F. As atividades de meteorologia aeroespacial no Centro Técnico Aeroespacial (CTA). **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 3, p. 21-25, 2005.

OLIVEIRA, F. P.; OYAMA, M. D. Radiosounding-derived convective parameters for the Alcântara Launch Center. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 1, p. 211-216, 2009.

PEREIRA, E. I.; MIRANDA, I.; FISCH, G. F.; MACHADO, L. A. T.; ALVES, M. A. S. **Atlas climatológico do Centro de Lançamento de Alcântara**. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial, 2002.

REUTER, E. D. J. **Sensibilidade do modelo MM5 no prognóstico do vento às diferentes parametrizações de camada limite planetária no centro de lançamento de Alcântara.** Tese de Doutorado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

EVALUATION OF HETEROGENEOUS CATALYSTS DERIVED FROM WHITE AND BROWN CHICKEN EGG SHELL FOR SOYBEAN BIODIESEL SYNTHESIS

Diego Oliveira Cordeiro

Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Department of Chemistry Engineering, Campus I, Natal – RN

Mário Hermes Moura Neto

Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Department of Chemistry Engineering, Campus I, Natal – RN

Marta Maria da Conceição

Federal University of Paraíba (UFPB), Center for Technology and Regional Development, João Pessoa - PB

Luis Ferreira de Lima

Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Department of Chemistry Engineering, Campus I, Natal – RN

Janduir Egito da Silva

Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Department of Chemistry Engineering, Campus I, Natal – RN

Eduardo Lins Barros Neto

Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Department of Chemistry Engineering, Campus I, Natal – RN

calcination of the chicken eggshell, since this material is rich in calcium carbonate. Although there are clear differences between types of chicken eggs, published research on the subject does not distinguish between white and brown eggshells. Thus, the objective of this work was to analyze and compare the properties and characteristics of the heterogeneous catalysts derived from the white and brown eggshell obtained in different calcination conditions, as well as to evaluate the catalytic capacity of these catalysts to produce soybean biodiesel. The different raw materials were calcined by varying the time parameters: 80, 120, 160 minutes, and temperature 800, 900 and 1000 °C. The analysis techniques were DRX, FRX, BET and MEV granulometry. Thermal analysis (TGA/DTA) was also used to determine the conversion to biodiesel. Among the catalysts derived from the shell of the chicken egg, the white shell calcined at 800 °C in 160 minutes showed a higher catalytic potential.

KEYWORDS: Biodiesel, Heterogeneous catalysis, eggshell, thermogravimetric analysis.

SUMMARY: Calcium oxide may be considered as a very promising heterogeneous catalyst for the biodiesel production, for it has high efficiency and it is environmentally friendly. CaO can be obtained in a sustainable manner by the

1 | INTRODUCTION

Over the last few years, environmental pollution and fossil fuel scarcity have been widely reported, and research on alternative fuels has received much attention (Qu et al.,

2017). Biodiesel is one of these alternative fuels, which due to its physical and chemical similarity with diesel can replace it in diesel cycle engines (Winden et al., 2015). It can be defined as fuel alkyl esters of simple fatty acids, usually methyl or ethyl (Kok e Topa, 2015). This biofuel is usually obtained by the transesterification reaction of vegetable or animal oil using a short chain alcohol in the presence of an acid, base or enzymatic catalyst (Escorsim et al., 2015). Brazil has been highlighted in the world scenario as a potential biodiesel producer, due to its diversity of oilseeds (Silva et al., 2015). One of the main oilseeds used in the production of biodiesel is soybeans, which covers about 50% of the biodiesel produced in the world (Park et al., 2016).

Homogeneous catalysis, with NaOH and HCl, is widely used for biodiesel production due to its high reaction activity. However, they cause a number of problems, such as the difficulty in separating biodiesel and alcoholic phase, it needs washing and it generates effluents (Sandesh et al., 2016). In order to overcome these problems, heterogeneous catalysts have been developed, since they have an easy separation of the biodiesel after the reaction ending, besides generating biodiesel and glycerin with higher degrees of purity (Degirmenbasi et al., 2015).

Heterogeneous catalysts such as alkaline earth metal oxides, zeolites, oxides and inorganic salts, coordination compounds and ionic liquids, ion exchanging resins, organic acids, bases and lamellar materials, structured oxides originated from controlled calcination (Cordeiro et al., 2011). Have been developed. Among them, a catalyst that stands out is calcium oxide (CaO) due to its high basicity, low solubility and ease of handling (Sheng et al., 2014) Studies have been developed about the acquisition of CaO from calcination of the CaCO_3 present in eggshells (85-95%) for application in transesterification (Yin et al., 2016; Tan et al., 2015; Jazie et al., 2013).

Despite the large number of articles referring to heterogeneous catalysts derived from chicken eggshell, no studies were found in the literature to study the differences in the properties and characteristics of the calcined catalysts of the white and brown eggshells, thus treating the catalytic capacity of the chicken eggshell calcined generically, without distinction between white and brown shells.

Therefore, the objective of this work was to analyze and compare the properties and characteristics of the heterogeneous catalysts derived from the white and brown eggshell obtained in different calcination conditions, as well as to evaluate the catalytic capacity of these catalysts to produce soybean biodiesel.

2 | MATERIAL AND METHOD

2.1 Raw Material

For transesterification reaction Concordia ® commercial soybean oil was used, lot: LR00472, Neon brand methyl alcohol BP, lot: 17068. The brown and white eggshells

obtained from Granja Santa Clara located in the city of Cuité-PB. Also, it was used calcium oxide derived from the Vetec® brand calcium carbonate PA, lot: 1107378.

2.2 Heterogeneous Catalysts Acquisition

The eggshells of the white and brown eggs were placed separately in a vessel with distilled water for 4 hours, and then washed with running water followed by distilled water to ensure removal of any residue that did not constitute the shell of the egg. They were then placed in a greenhouse at 70 °C for a period of 12 hours and macerated to facilitate calcination.

Samples of white and brown egg shell and CaCO₃ were calcined under different temperature conditions (800 °C, 900 °C and 1000 °C) and time (80, 120 and 160 minutes) over a heating rate of 5 °C/min. The calcination conditions were based on review articles of CaO with catalyst for transesterification reaction (Boey et al., 2011).

To facilitate the identification of samples, a nomenclature was created in three parts, the first part being the type of calcined material, white eggshell (CB), brown egg shell (CM), Commercial CaCO₃ (CI). Following the indication of the calcination temperature, 800 °C (8), 900 °C (9) and 1000 °C (10), and finally the indication of the calcination time, 80 minutes (P8), 120 minutes (P12) and 160 minutes (P16) (Table 1).

	Brown eggshell			White eggshell			Commercial CaCO ₃		
	800°C	900°C	1000°C	800°C	800°C	1000°C	800°C	800°C	1000°C
80 min.	CM8P8	CM9P8	CM10P8	CB8P8	CB9P8	CB10P8	CI8P8	CI9P8	CI10P8
120 min.	CM8P12	CM9P12	CM10P12	CB8P12	CB9P12	CB10P12	CI8P12	CI9P12	CI10P12
160 min.	CM8P16	CM9P16	CM10P16	CB8P16	CB9P16	CB10P16	CI8P16	CI9P16	CI10P16

Table 1 - Catalysts produced under different conditions.

2.3 Biodiesel synthesis

The biodiesel synthesis was carried out through the methyl route at 1:12 molar ratio, oil/methanol and 6% heterogeneous catalyst (CaO). 1.2 grams of CaO and 12.2 mL of methanol were added to the batch reactor, subjected to 300 rpm stirring for a period of 20 minutes at room temperature. Then, 22.2 mL of soybean oil was added to the mixture, adjusting the stirring to 600 rpm and the thermostated bath at 65 °C. The system was subjected to reflux condensation to ensure that no evaporation of the alcohol occurred during the process. The reaction was controlled for a period of 3 hours (Chen et al., 2015).

After the reaction was completed, the mixture was placed in test tubes and

centrifuged at 1500 rpm for 20 minutes to ensure separation of the catalyst from the liquid phases. The process was completed in the decanting funnel for a period of 24 hours, with the biodiesel being the supernatant phase and the glycerin-decanted phase.

After separation of the glycerin and biodiesel phases, the latter still underwent a quantitative filter vacuum filtration to ensure that no catalyst residue interfered with the biodiesel analysis.

2.4 Characterizations

The basic composition of the catalysts was determined by FRX using a Shimadzu apparatus, model EDX-700. FRX analyzes were performed using 300 mg of samples CM8P12, CB8P12 and CI8P12.

The granulometric analysis was performed in a sieve model 920, of the Cilas brand without the use of dispersants. The surface area of the catalysts were measured by N₂ adsorption performed by the Micromeritics brand equipment, at the temperature of the analysis bath of -194.30 °C, at an equilibrium interval of 30 seconds. The heat treatment took place in a heating stage under a ramp of 10 °C/min, up to 300 °C for a period of 480 min.

X-ray diffraction analyzes were performed using a Bruker ADVANCE eco D8 device, copper anode and nickel detector filter. Measurements were completed in the 2θ range from 10 ° to 90 ° with a scan rate of 0.2 °/s.

SEM images were obtained from the Hitachi Microscope, Model Tabletop Microscope TM-3000, Accelerating voltage: 5kV and 15kV, using a zoom of 4000 thousand times for each sample.

Ester determination was performed by gas chromatography on a Shimadzu GCM-QP2010 chromatograph, Durabond DB-23 column (30 m x 0.25 mm x 0.25 μm). The temperature of the injector and the detector, 230 °C and the column, 90 °C. Elution gradients were 90 °C to 150 °C (10 °C/min); 150-200 °C (2 °C/min); and 200-230 °C (10 °C/min) at a time of 0.65 h. The carrier gas was helium. The external calibration curve was performed with the chromatographic patterns of fatty acid monoesters. Quantification was obtained by calibration curves with methyl esters standards (adapted ABNT NBR 15764).

The thermogravimetric analyzes of the biodiesel and soybean oil samples was performed using the Shimadzu brand DTG-60 thermal analyzer, with a heating rate of 10 °C/min, in the ambient temperature range up to 550 °C in a nitrogen atmosphere with a flow of 100 mL/min, alumina crucible. Analyzes were performed using an average of 5 mg of the sample. Thermogravimetric analyzes of the white eggshell, brown eggshell and commercial CaCO₃ were performed, under a heating rate of 5 °C/min, in the temperature range of 100 °C to 900 °C. The concentration of CaCO₃ in the sample analyzed in thermogravimetry, C_{CaCO₃}, can be determined by the mass loss,

Δm , of CO_2 measured in the last thermal decomposition event and the relationship between the molecular masses of calcium carbonate, $\text{MM}_{\text{CaCO}_3}$, and carbon dioxide, MM_{CO_2} , through Equation 1:

$$C_{\text{CaCO}_3} = \frac{\Delta m}{m} \frac{\text{MM}_{\text{CaCO}_3}}{\text{MM}_{\text{CO}_2}} \quad \text{Equation (1)}$$

Only the thermogravimetric analyzes (TGA and DTG) were performed with all 27 biodiesel samples characterized by the different types of catalysts. CM8P12, C18P12 and CB8P12 samples were selected for the remainder analyzes, since they presented the same characteristics in the calcination (temperature of 800°C and temp of 120 minute). The sample CB8P16, because it has the highest conversion among biodiesel catalyzed by a material obtained through eggshell, C110P12, because it has the highest conversion rate among all of the biodiesel samples, and CM8P8 because it has as characteristic being the catalyzed biodiesel obtained in the shortest calcination time.

3 | RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Catalyst Analyses

3.1.1 Thermogravimetry

The thermal analysis curves TGA (figure 1) indicate the thermal stability of the three raw materials used in calcination. Commercial calcium carbonate (CaCO_3) was the only raw material that presented only a single thermal decomposition event in a defined way, between the temperature ranges $552\text{-}738^\circ\text{C}$, with mass loss $\Delta m = 43.68\%$, due to the release of carbon dioxide. Thus, according to equation 1, the amount of calcium carbonate present in the sample is 99.32%.

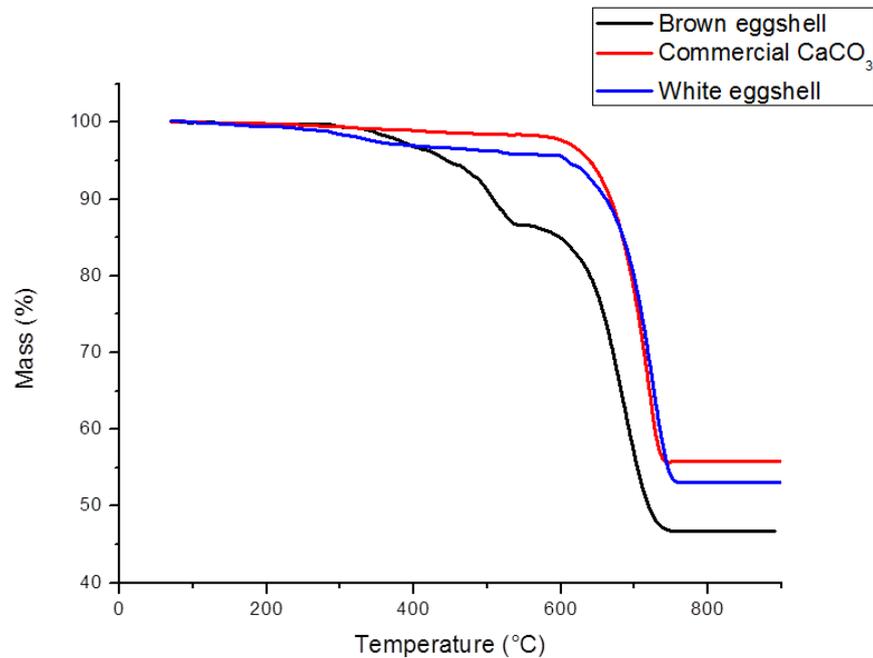


Figure 1 - Thermogravimetric curve derived from the decomposition: Brown and white eggshells and CaCO_3 .

The TGA curves of the white and brown eggshells presented two thermal decomposition events. As for the white egg shell the temperature ranges are 233-534 °C with $\Delta m_1 = 3.83\%$ due to the decomposition of organic materials (Pereira et al., 2009) and 534-757 °C with $\Delta m_2 = 43.20\%$ corresponding to the release of carbon dioxide, resulting in 98.23% of calcium carbonate. In the case of brown eggshell, the first thermal decomposition event is 221-540 °C with $\Delta m_1 = 16.29\%$, showing a more significant content of organic material, such as protoporphyrin, a compound responsible for the brown pigmentation of eggshell (Pandit et al., 2017). The second thermal decomposition event occurred between 534-757 °C with $\Delta m_2 = 39.81\%$, corresponding to 90,53% calcium carbonate, 7,8% less than the amount of CaCO_3 present in the white eggshell.

3.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

The results of the X-ray fluorescence spectra are shown in Table 2, where the calcium oxide has a 99.9% degree of purity, when obtained from the calcination of calcium carbonate. The white eggshell presented 99.57% calcium oxide, with presence of 0.2% of strontium oxide and magnesium. In the case of the brown eggshell, the determined CaO content reaches 97.15%, containing a much more significant percentage of strontium oxide, 1.23%, besides containing magnesium oxide (MgO) and silicon dioxide (SiO_2) and sulfur trioxide (SO_3). A similar result was presented by Boronat et al (2015) in which they obtained 97.68% of CaO in the total composition, having magnesium oxide as the secondary composition. Similar results were also

obtained by Kamkum et al (2015).

Oxides	Brown egg-shell	White egg-shell	Commercial CaCO ₃
CaO	97.148 %	99.573 %	99.901 %
SO ₃	0.194 %	-	0.099 %
MgO	1.248 %	0.236 %	-
SrO	1.227 %	0.191 %	-
SiO ₂	0.83 %	-	-

Table 2 - Chemical composition of the oxides formed by the calcination of the white eggshell, brown eggshell and commercial CaCO₃.

3.1.3 Granulometry and BET

According to the table 3, we can affirm that there is a tendency of increase in the average grain size of the catalyst with the increase of the temperature and the calcination time. The CB8P12 sample was produced with the calcination time 40 minutes lower than the CB8P16 sample. On the other hand, in the production of the CI8P12 sample, the calcination occurred at the same time as the CI10P12 sample (120 minutes), but with a temperature of 200 ° C less. This increase in the mean particle size, in relation to the increase in time and temperature in the calcination, was expected because, according to the literature, granulometry is strongly influenced by the calcination temperature (Goivêa et al., 2017).

Sample	Average diameter (µm)	Surface area BET (m ² /g)	Pore volume (mm ³ /g)	Average pore size (nm)
CB8P12	17.03	21.9148	62.222	11.38
CB8P16	21.03	30.7005	78.665	10.24
CM8P8	13.55	4.4996	21.679	19.28
CM8P12	21.24	14.3713	46.430	12.79
CI8P12	9.13	23.9475	79.177	13.26
CI10P12	17.84	52.7150	108.801	8.361

Table 3 - Average diameter and surface area BET of the attained catalyzers.

The surface area of the CaO samples was determined by the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method. The catalysts present similar isothermal forms, classified as type IV, with an H3 hysteresis loop, typical of mesopore-containing solids (2-50 nm) (Sing et al., 1985). Table 3 shows a significant variation between the surface area results,

mainly between samples CM8P8 and CI10P12, which presented the surface area value of 4.4996 m²/g and 52.7150 m²/g respectively. The greater the surface area of a catalytic solid, the greater the dispersion of the active sites, thus promoting a more efficient transesterification (Sudsakorn et al., 2017). Therefore, according to the result of the BET surface area, the catalyst CI10P12 has a higher catalytic potential in relation to the other samples. For the samples obtained from the eggshell, the CB8P16 catalyst presented the best result.

3.1.4 X-ray Diffraction

X-ray diffraction analyzes (Figure 2) showed that the patterns of the six catalyst samples analyzed showed little variation between their crystalline structures. Despite the low variation, the results of the calcined samples of white eggshell presented more similarities with calcined CaCO₃ than the samples derived from brown eggshell.

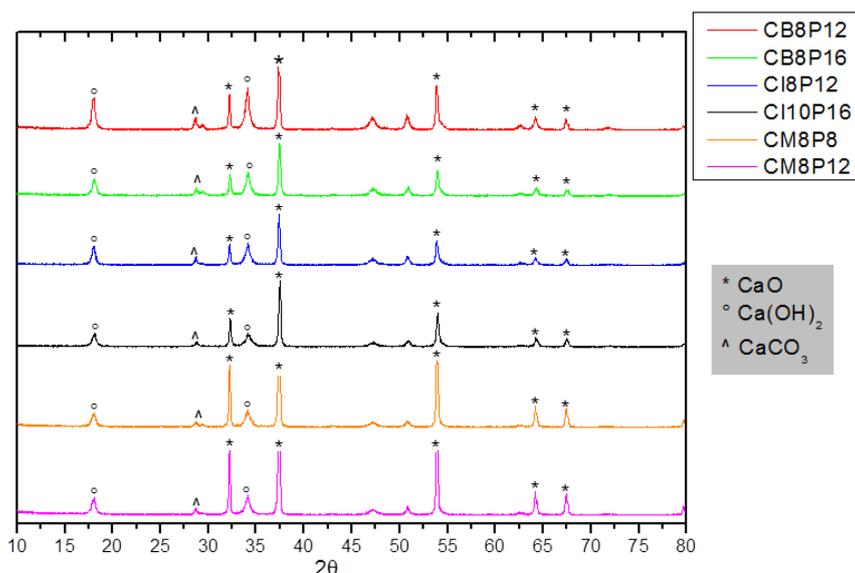


Figure 2 - XRD analysis of the samples: CB8P12, CB8P16, CI8P12, CI10P12, CM8P8 and CM8P12.

The XRD patterns show diffraction peaks at 32.19 °, 37.35 °, 53.84 °, 67.34 °, 67.55 ° and 80.88 ° corresponds to face-centered cubic phase calcium oxide (JCPDS : 4-777) with space group *Fm*-3 *m*. Showing that the calcination was successful for CaO formation. Also two less intense peaks at 17.93 ° and 34.12 ° correspond to the calcium hydroxide (Ca(OH)₂) of the hexagonal phase (JCPDS: 01-086-0174), attributed to the absorption of moisture from the air. And the diffraction peaks at 29,39 ° that characterize the calcium carbonate (CaCO₃) belongs to the rhombohedral phase (JCPDS n° 01-086-0174), and can be attributed to carbonation through the absorption of the CO₂ present in the atmosphere or calcination incomplete (Nagbhushana et al., 2017).

3.1.5 Scanning electron microscopy

As shown in figure 3, samples CB8P12, CB8P16 and CM8P12, presented an aggregate of nanoparticles in size and shape irregular. Being the predominant spheroid oval shape. It was also possible to observe similar results in the mean granulometry for these samples (table 3). However, the two samples of CaO obtained by industrial calcium carbonate presented a different morphology of the catalysts derived from chicken eggs.

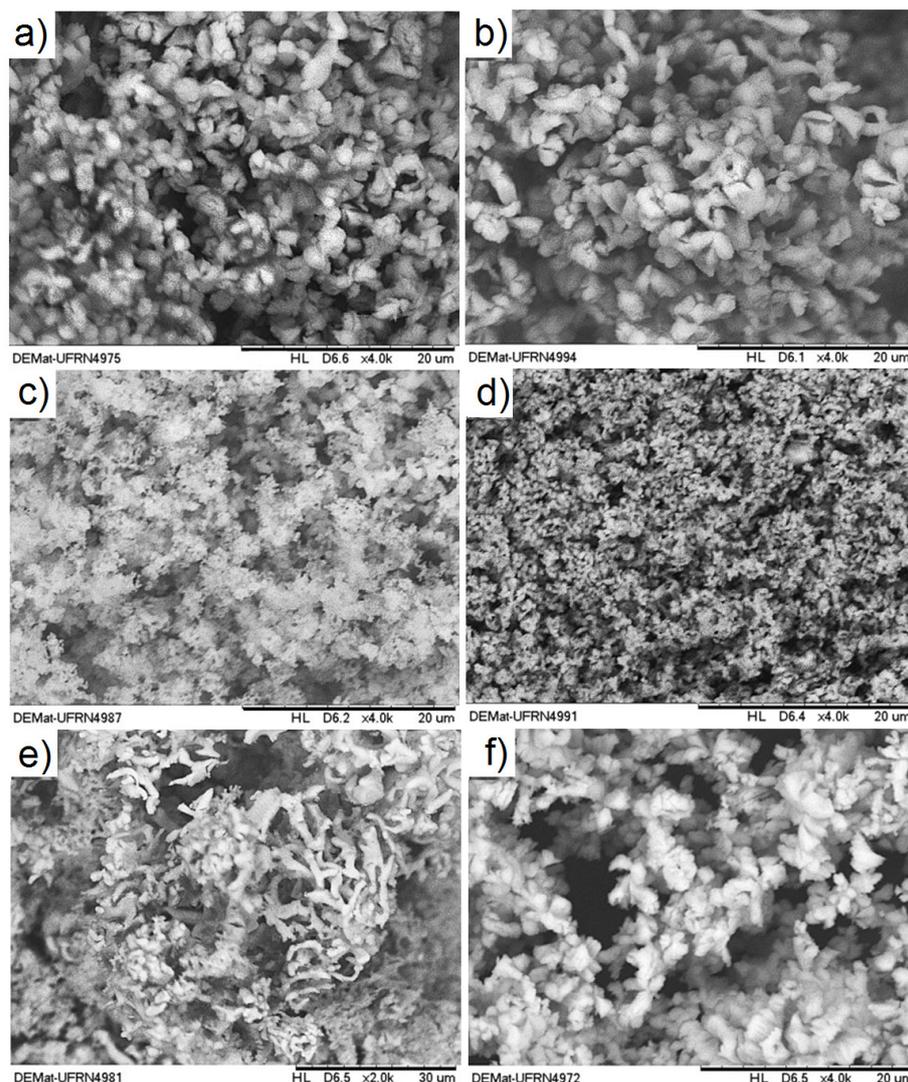


Figure 3 - Calcined catalyzers' image: a) CB8P12, b) CB8P16, c) CI8P12, d) CI10P12, e) CM8P8 e f) CM8P12.

3.3 Biodiesel Analyses

3.3.1 Gas Chromatography

The results of gas chromatography (Table 4) indicate that the soybean oil used to make the transesterification reaction are predominant constituted unsaturated fatty

acids (oleic, linoleic and linolenic) These types of fatty acids are quite susceptible to oxidation, since instauration acts as an entry point for oxygen action (Farias et al., 2016). Linoleic acid is the most abundant of the five different types of fatty acids present in the composition of soybean biodiesel, ranging from 47.39% to 39.54% depending on the conversion of the oil to biodiesel.

Ethyl esters	CB8P12 (%)	CB8P16 (%)	CM8P16 (%)	CI8P12 (%)	CI10P12 (%)
Palmitic acid	23.92	24.53	23.91	21.73	27.00
Stearic acid	43.77	47.39	46.04	42.22	39.54
Oleic acid	3.66	3.90	3.59	3.09	2.17
Linoleic acid	16.14	16.90	16.31	13.44	24.17
Linolenic acid	3.18	3.08	3.06	2.85	4.06
Total	91.67	96.80	93.91	84.33	97.94

Table 4 - Composition of the fatty acids present in biodiesel from soybean oil, obtained with the catalysts studied in this work.

The results of the chromatographic analysis showed that the catalysts studied have reached ester contents close to the Brazilian specifications of the ANP (National Agency of Natural Gas and Biofuels) technical regulation 3/2014 the biodiesel must present a ester contents higher than 96.5%. The chromatographic analysis of the CM8P8 biodiesel was not done, because it presented low conversion visual characteristics, and the result was confirmed in TGA.

3.2.2 Thermogravimetry of biodiesel and soybean oil.

The thermogravimetry provides relevant information for the conversion of the oil to biodiesel, since the triglycerides have greater thermal stability, that is, it decomposes at temperatures higher than that of fatty acid alkyl ester (Sadrolhosseini et al., 2011). TGA analyzes of all biodiesel samples are presented in Tables 5, 6 and 7.

Sample	1 st event			2 nd event	
	Initial	Final	Mass	Initial	Final
	temperature/ °C	temperature/ °C		temperature/ °C	
CM8P8	124.14	278.38	58.10	249.32	486.68
CM9P8	123.92	263.21	44.20	263.21	504.10
CM10P8	117.11	251.59	33.34	251.59	501.87
CM8P12	117.52	249.32	93.54	278.38	499.37
CM9P12	122.63	241.73	90.89	241.73	497.69
CM10P12	115.70	240.64	82.41	240.64	501.46
CM8P16	116.51	235.17	89.1	235.17	501.30
CM9P16	118.09	241.41	90.84	241.41	496.30
CM10P16	113.87	243.69	78.85	243.69	499.74

Table 5 - Thermogravimetric data of soybean biodiesel synthesized by heterogeneous catalysis derived from brown eggshell.

According to the thermogravimetric data of the biodiesel synthesized by the catalysts, obtained by the calcination of the brown egg shell, shown in table 5, it is possible to state that all the samples have two decomposition events. The first decomposition event occurred between temperatures ranging from 113.87 to 278.38 °C. This first thermal decomposition event corresponds to the mass of the evaporated biodiesel. In the second event, temperatures ranged from 235.17 to 504.1 °C, which corresponds to the thermal decomposition of soybean oil. This difference allows the degree of conversion of oil to biodiesel to be efficiently determined (Lizama et al., 2015). Therefore, based on Table 4, the biodiesel sample that presented the greatest conversion, for the catalysts coming from brown eggshell, was CM8P12 with 93.54 % conversion. Very close to the result given by gas chromatography 93.91% (table 4)

It can be observed in the results presented by the catalyst of the brown egg shell (table 5), that the increase of the calcination temperature worsens the conversion of the oil to biodiesel. Excessive raising of the calcination temperature during CaO production may result in a decrease in its catalytic capacity and consequently a decrease in biodiesel conversion. This may be due to gaseous diffusion of the pores during the heat treatment resulting in the limitation of the surface pores (Kouzu e Hidaka, 2012). However, there is a tendency of the greater the calcination time the greater the conversion. This trend is very evident in the results of the biodiesel samples catalyzed by the calcined eggshell in 80 minutes. All three biodiesels (CM8P8, CM9P8 and CM10P8) had conversions below 60%.

The thermogravimetric data of Table 6 show that the thermal decomposition of the synthesized biodiesel from the white eggshell also occurred in two events. The first

decomposition event occurred between temperatures of 112 to 297 °C. In the second between the temperatures of 232 and 501 °C.

Sample	1 st event			2 nd event	
	Initial temperature/ °C	Final temperature/ °C	Mass loss (%)	Initial temperature/ °C	Final temperature/ °C
CB8P8	112.37	249.70	31.73	249.70	500.71
CB9P8	122.28	262.18	33.02	262.18	500.94
CB10P8	125.15	258.67	14.88	258.67	494.75
CB8P12	121.91	259.62	95.35	259.62	497.55
CB9P12	119.81	251.39	89.98	251.39	500.60
CB10P12	113.21	243.63	88.91	243.63	492.60
CB8P16	120.65	232.56	97.11	232.56	497.94
CB9P16	126.58	297.13	91.72	297.13	494.49
CB10P16	118.78	252.94	85.11	252.94	498.67

Table 6 - Thermogravimetric data of soybean biodiesel synthesized by heterogeneous catalysis derived from the white eggshell.

The sample of biodiesel synthesized by the white eggshell derived catalyst, which obtained the largest mass loss in the first event and, consequently, the highest conversion in biodiesel, was CB10P8 with 97.11%. Similar conversion result obtained by gas chromatography 96.80%.

Still according to table 6, the white eggshell catalyzed samples, calcined in 80 minutes (CB8P8, CB9P8 and CB10P8), had conversions below 33%, well below the remaining samples. The result may be related to insufficient time for pore formation in the formed structure, making the surface area small, as observed in the BET result. Except for white eggshell samples calcined in 80 minutes, the influence of calcination temperature on the catalytic capacity of CaO formed was also observed. When above 800 °C, the higher the calcination temperature the lower the catalytic efficiency for the transesterification reaction of soybean oil.

Table 7 corresponds to the thermal decomposition of the biodiesel synthesized by the catalyst obtained from the CaCO₃ calcination, which also occurred in two events. The first decomposition event occurred between temperatures 111 to 267 °C. In the second the temperatures were between 234 and 502 °C.

Sample	1 st event			2 nd event	
	Initial temperature/ °C	Final temperature/ °C	Mass loss (%)	Initial temperature/ °C	Final temperature/ °C
CI8P8	115.92	250.62	86.38	250.62	499.22
CI9P8	116.83	245.72	96.48	245.72	502.70
CI10P8	118.29	255.30	88.40	255.30	498.39
CI8P12	118.01	233.93	85.39	233.93	498.72
CI9P12	111.60	227.13	91.72	227.13	493.40
CI10P12	117.66	257.20	97.46	257.20	500.65
CI8P16	115.67	266.85	92.33	266.85	499.83
CI9P16	114.37	241.33	91.76	241.33	500.61
CI10P16	118.17	248.53	91.38	248.53	493.86

Table 7. Thermogravimetric data of soybean biodiesel synthesized by heterogeneous catalysis derived from commercial CaCO_3 .

Based on the results presented among the biodiesel samples (present in table 7), it is possible to affirm that there was a very low variation between the values of the initial temperature and mainly percentage of loss of mass, in comparison to the samples of biodiesel obtained by the catalysis with eggshell. Demonstrating that the calcination time and temperature, have almost no influence on the catalytic activity of a catalyst derived from commercial CaCO_3 .

Among all 27 biodiesel samples analyzed thermogravimetrically, the one with the greatest conversion was CI8P12 with 97.46%. Very similar to the result presented by gas chromatography, showing that even though the eggshell may have a great potential to obtain heterogeneous catalysts for transesterification reaction, they are much more dependent on calcination conditions than the commercial calcium carbonate itself.

4 | CONCLUSIONS

Based on the results obtained from the 27 heterogeneous catalysts derived from different raw materials, it was concluded that the catalysts obtained from the calcination of the white eggshell present a chemical composition more like the catalysts derived from the calcination of the commercial calcium carbonate than the derivatives of calcination of the brown eggshell. Regarding the morphological and structural characteristics, the catalysts derived from the calcination of the white and brown eggshells present more similar characteristics when compared to the calcination of the commercial calcium carbonate.

It was also concluded that the catalysts derived from calcined commercial calcium carbonate showed a high efficiency in the transesterification reaction in all time and temperature parameters studied.

In the reaction conditions studied (3 hours of reaction, 6% of catalyst and molar ratio of 1:12 oil and methanol), the catalysts obtained from the calcination of the chicken eggshell showed low catalytic capacity of the calcined eggshell samples in periods of 80 minutes. As well as that the calcined white eggshell has a higher catalytic capacity than the calcined brown eggshell, which CB8P16 obtained the best performance.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES).

REFERENCES

- ANP. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Resolution ANP 45/2014. 2014. <http://www.anp.gov.br/>. Accessed 21 Jul 2018.
- Boey, P.; Maniam, G.; Hamid, A.; Performance of calcium oxide as a heterogeneous catalyst in biodiesel production: a review. **Chemical Engineering Journal**. v. 168, p.15–22, 2011.
- Boronat, T.; Fombuena, V.; Garcia-Sanoguera, D.; Sanchez-Nacher, L.; Balart, R. Development of a biocomposite based on green polyethylene biopolymer and eggshell. **Materials and Design**, v. 68, p. 177–185. 2015.
- Chen, G-Y.; Shana, R.; Shi, J-F, Yan, B-B.; Transesterification of palm oil to biodiesel using rice husk ash-based catalysts. **Fuel Processing Technology**, v. 133, p. 8–13, 2015.
- Cordeiro, C. S.; Silva, F. R.; Wypych, F.; Ramos, P. R. Catalisadores Heterogêneos para a Produção de Monoésteres Graxos (Biodiesel). **Química Nova**, v. 34, p. 477-486, 2011.
- Degirmenbasi, N.; Coskun, S.; Boz, N.; Kalyon D. M. Biodiesel synthesis from canola oil via heterogeneous catalysis using functionalized CaO nanoparticles, **Fuel**, v. 153, p. 620–627, 2015.
- Escorsim, A. M.; Cordeiro, C, S.; Ramos L. P.; Ndiaye, P. M.; Kanda, L. R. S.; Corazza, M. L. Assessment of biodiesel purification using CO₂ at high pressures. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 96, p. 68–76, 2015.
- Farias, A. F. F.; Conceição, M. M.; Cavalcanti, E. H, S.; Melo, M. A. R.; Santos, I. M. G. Souza, A, G.; Analysis of soybean biodiesel additive with different formulations of oils and fats. **J Therm Anal Calorim**, v. 123, p. 2121–2127, 2016.
- Gouvêa, D.; Bernard, S.; Alatrasta, G. A. V.; Tofolli, S. M. Efeito da temperatura de calcinação nas propriedades de ossos bovinos para a fabricação de porcelana de ossos. **Cerâmica**, v. 53, p. 423-428, 2017.
- Jazie, A. A.; Sinha, A.; Pramanik, H. Eggshell as eco-friendly catalyst for transesterification of rapeseed oil: optimization for biodiesel production. **Int J Sustain Dev Green Econ**, v. 2, p. 27–32, 2013.
- Kamkum, P.; Atiwongsangthong, N.; Muanghlua, R.; Vittayakorn, N. Application of chicken eggshell waste as a starting material for synthesizing calcium niobate (Ca₄Nb₂O₉) powder. **Ceramics International**,; v. 41S, p. 69–S75, 2015.

- Kok, M. V.; Topa, E. Thermal characterization and model-free kinetics of biodiesel sample. **J Therm Anal Calorim**, v. 122, p. 955–961, 2015.
- Kouzu, M.; Hidaka, J.; Transesterification of vegetable oil into biodiesel catalyzed by CaO: A review. **Fuel**, v.93, p.1–12, 2012.
- Lizama, T. V.; Ballote, D. L.; Mézquita, H. E.; Crespo, M. F.; Borges, C. P.; Atoche, C. A.; García, G. G.; Maldonado, L.; González, G. L. Thermogravimetric analysis as a rapid and simple method to determine the degradation degree of soy biodiesel. **Fuel**, v. 156, p. 158–162, 2015.
- Nagabhushana, K. R.; Lokesh, H. S.; Reddy, S. S.; Prakash, D.; Veerabhadraswamy, M.; Bhagyalakshmi, H.; Jayaramaiah, R. J. Thermoluminescence properties of CaO powder obtained from chicken eggshells. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 138, p. 54–59, 2017.
- Pandit, P. R.; Fulekar M. H. Egg shell waste as heterogeneous nanocatalyst for biodiesel production: Optimized by response surface methodology. **Journal of Environmental Management**; v. 198, p. 319-329, 2017.
- Park, J.; Kim, B.; Lee, J. W. In-situ transesterification of wet spent coffee grounds for sustainable biodiesel production. **Bioresour Technol**, v. 221 p. 55–60, 2016.
- Pereira, J. G.; Okumura, F.; Ramos, L. A.; Cavalheiro, E. T. G.; Nóbrega, J. A. Termogravimetria: Um novo enfoque para a clássica determinação de cálcio em cascas de ovos. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1661-1666, 2009.
- Qu, L.; Wang, Z.; Zhang, J. Influence of waste cooking oil biodiesel on oxidation reactivity and nanostructure of particulate matter from diesel engine. **Fuel**, v. 181, p. 389-395, 2016.
- Sadrolhosseini, A. R.; Moksini, M. M.; Nang, H. L.; Norozi, M.; Yunus, W. M.; Zakaria, A. Physical Properties of Normal Grade Biodiesel and Winter Grade Biodiesel, **International Journal Molecular Science** v. 11, p. 2100-2111, 2011.
- Sandesh, S. Synthesis of biodiesel and acetins by transesterification reactions using novel CaSn(OH)₆ heterogeneous base catalyst. **Applied Catalysis A: General**, v. 523, p. 1–11, 2016.
- Sheng, H. W. W.; Ng, H. K.; Gan, S.; Tan, S. H. Evaluation of palm oil mill fly ash supported calcium oxide as a heterogeneous base catalyst in biodiesel synthesis from crude palm oil. **Energy Conversion and Management**, v. 88, p. 1167–1178, 2014.
- Silva, J. C.; Gondim, A. D.; Galvão, L. P. F. C.; Evangelista, J. P. C.; Araujo, A. S.; Fernandes Jr, V. J. Thermal stability evaluation of biodiesel derived from sunflower oil obtained through heterogeneous catalysis (KNO₃/Al₂O₃) by thermogravimetry. **J Therm Anal Calorim**, v. 119, p. 715–720, 2015.
- Sing, K.; Haul, R.; Pierotti, R.; Siemieniowska, T.; Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity, **Pure Appl. Chem.**, v. 57, p. 603-619, 1985.
- Sudsakorn, K.; Saiwuttikul, S.; Palitsakun, S.; Seubsai, A.; Limtrakul, J. Biodiesel production from *Jatropha Curcas* oil using strontium-doped CaO/MgO catalyst. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 52, p. 845–2852, 2017.
- Tan, Y. H.; Abdullah, M. O.; Hipolito, N. C. The potential of waste cooking oil-based biodiesel using heterogeneous catalyst derived from various calcined eggshells coupled with a ne mulsification technique: A review on the emission reduction and engine performance. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 589–603, 2015.

Yin, X.; Duana, X.; You, Q.; Dai, C.; Tan, Z.; Zhu, X. Biodiesel production from soybean oil deodorizer distillate using calcined duck eggshell as catalyst. **Energy Conversion and Management**. v. 112 p. 199–207, 2016.

Winden, J. M.; Cruze, N.; Haab, T.; Bakshi, B. Monetized value of the environmental, health and resource externalities of soy biodiesel. *Energy Economics*, v. 47, p. 18–24, 2015.

SÍNTESE E ESTUDO DE HIDROXIAPATITA E BETA FOSFATO TRICÁLCICO PARA USO BIOMÉDICO

Thatiane Cristine Silva Pereira Batista

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI,
Instituto de Recursos Naturais
Itajubá – MG

Gerson Avelino Fernandes

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI,
Instituto de Engenharia Mecânica
Itajubá – MG

RESUMO: A hidroxiapatita (HA) e o beta fosfato tricálcico (β -TCP) são duas cerâmicas largamente empregadas como biomateriais por apresentarem uma composição química semelhante à do tecido ósseo, sendo, dessa forma, capazes de promover a ósteo-integração. Vem-se realizando diversos estudos a fim de se conhecer a capacidade destes materiais na formação de biocompósitos, já que as resistências mecânicas de materiais cerâmicos são relativamente baixas, inviabilizando seu uso puro na fabricação de implantes ósseos. A hidroxiapatita e o beta fosfato tricálcico são encontrados comercialmente com facilidade, mas com um alto custo de obtenção. No entanto, estas cerâmicas podem ser facilmente sintetizadas partindo-se de matérias-primas mais baratas. As notáveis características físicas, químicas e biológicas da hidroxiapatita e do beta fosfato tricálcico, juntamente com seu baixo custo e facilidade de obtenção, fazem

destes biomateriais uns dos mais estudados e empregados na área biomédica. Considerando-se estes fatores, foram realizadas as sínteses e caracterizações das biocerâmicas em pó do tipo HA e β -TCP a fim de serem utilizadas como compatibilizantes em materiais bioinertes e/ou biotoleráveis. Dessa forma, foram feitos o estudo da influência da temperatura na síntese dos materiais e a determinação da pureza e da morfologia dos pós sintetizados por meio de métodos de caracterização, como espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier, difração de raios X e análise granulométrica.

PALAVRAS-CHAVE: Biomateriais, Cerâmicas, Fosfatos de Cálcio.

ABSTRACT: Hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate are two ceramics widely used as biomaterials because they have a chemical composition similar to the composition of bone tissue and are capable of promoting osteointegration. Several studies have been carried out in order to know the capacity of these materials in the formation of biocomposites, since the mechanical resistances of ceramic materials are relatively low, making their pure use impossible in the manufacture of bone implants. Hydroxyapatite and tricalcium beta phosphate are readily available commercially, but at a high cost. However, these ceramics can

be easily synthesized from cheaper raw materials. The remarkable physical, chemical and biological characteristics of hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate, together with its low cost and easy production, make these biomaterials some of the most studied in the biomedical area. Considering these factors, the syntheses and characterizations of the bioceramics hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate were performed in order to be used as compatibilizers in bio-inert and / or biotolerable materials. In this way, the influence of temperature on the synthesis of the materials and the determination of the purity and morphology of the synthesized powders were studied through characterization methods, such as Fourier Transform Infrared Spectroscopy, X-ray diffraction and particle size analysis.

KEYWORDS: Biomaterials, Ceramics, Calcium Phosphates.

1 | INTRODUÇÃO

A hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, dentre os fosfatos de cálcio, é a biocerâmica mais estudada e a mais utilizada para finalidades clínicas, principalmente por se tratar do componente majoritário da fase mineral de ossos e dentes, representando 30 a 70% da massa óssea e dentária (EANES, 1980). Quando no organismo, a hidroxiapatita participa de ligações químicas com o tecido ósseo que favorecem o crescimento ósseo para os locais em que ela se encontra e permitem a proliferação de células ósseas (SILVA, 2006).

Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas para a síntese do pó de HA devido a suas crescentes aplicações (BOSCHI, 1993). Dentre os vários métodos existentes, o mais utilizado é o de precipitação via úmida, técnica que apresenta baixo custo e simplicidade, quando comparada aos métodos tradicionais (KOUTSOPOULOS, 2002).

Os processos de precipitação consistem na adição de grupos fosfatos a suspensões que contenham íons cálcio, podendo partir de diferentes reagentes (RIGO; GEHRKE; CARBONARI, 2007). A reação de neutralização que utiliza ácido ortofosfórico e hidróxido de cálcio apresenta grande potencial para produção da hidroxiapatita, uma vez que se tem apenas água como subproduto da reação, conforme mostrado a seguir:



Variáveis como temperatura de obtenção e temperatura de calcinação são críticas para a pureza e características cristalográficas do material obtido (RIGO; GEHRKE; CARBONARI, 2007). Reações de obtenção em temperaturas mais altas (a partir de 80°C) permitem a produção de pós mais cristalinos (LOURENÇO; SOUSA; SILVA, 2009). Diferentes temperaturas de calcinação do pó obtido podem alterar a fase presente no sólido, pois cada uma das fases dos fosfatos de cálcio apresenta diferentes estabilidades térmicas e propriedades físicas (RAYNAUD et al., 2002).

O fosfato tricálcico, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, é um biomaterial de grande importância, pois como todos os fosfatos de cálcio, apresenta grande semelhança com a fase mineral de ossos e dentes; além de sua excelente biocompatibilidade, bioatividade e ausência de toxicidade local (GOMES et al., 2012).

Sua utilização como biomaterial tem uma grande área de aplicação, pois já foi empregado com sucesso no preenchimento de defeitos e extensão de contornos do tecido ósseo (BILLOTTE, 2000), bem como em sistemas de liberação controlada de fármacos (LAKES, 2000). Sua importância também se deve, ao fato de ser um dos precursores mais bem sucedidos na síntese de hidroxiapatita, além de ser empregado, em certos casos, em misturas bioativas de estímulo ao crescimento ósseo (JUN et al., 2003).

O fosfato tricálcico pode ser encontrado sob duas formas alotrópicas, β e α , sendo que a primeira é estável a temperaturas inferiores a 1125°C , enquanto que a segunda é formada acima desta temperatura (DOROZHKIN, 2009).

O β -TCP ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) pode ser considerado uma fase de alta temperatura, que é preparada acima de 800°C , pela decomposição térmica da hidroxiapatita deficiente em cálcio ou por interação no estado sólido de ortofosfato de cálcio acidificado (ZAVAGLIA, 2011), segundo a reação a seguir:



O β -TCP não pode ser precipitado de soluções aquosas. Além das rotas de preparação químicas, β -TCP com íons substituídos pode ser preparado pela calcinação de ossos (ZAVAGLIA, 2011). Ao ser combinado com hidroxiapatita, o β -TCP forma um fosfato de cálcio bifásico, o BCP. Assim como o β -TCP, o BCP é uma cerâmica muito usada na substituição de tecidos ósseos (DOROZHKIN, 2009).

2 | METODOLOGIA

2.1 Hidroxiapatita

A fim de avaliar-se o grau de pureza da hidroxiapatita sintetizada a um valor de temperatura mais baixo do que o recomendado pela literatura (80°C) e estudar a influência das temperaturas de calcinação em suas propriedades estruturais, a HA foi preparada pelo método de precipitação via úmida entre ácido fosfórico (H_3PO_4) e hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). A solução de ácido fosfórico 0,3M foi adicionada com controle de vazão (0,1mL/s) à solução de hidróxido de cálcio 0,5M previamente aquecida à temperatura de 60°C , sob agitação constante.

O pH foi controlado por meio da adição de uma solução de hidróxido de amônio (NH_4OH), permanecendo entre 9,0 e 9,5. O precipitado foi envelhecido por um período

de 24 h na solução mãe, na qual decantou. Após esse período a suspensão foi filtrada a vácuo e o precipitado foi seco em estufa a 80°C por 24h.

O pó de hidroxiapatita obtido foi desaglomerado em um almofariz de ágata e dividido em três frações, uma foi reservada para comparação, e as demais passaram pelo processo de calcinação, uma a 800°C e outra a 1000°C, durante duas horas.

Os pós foram submetidos à análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e difração de raios X (DRX). As fases cristalinas foram identificadas por difração de raios-X. A análise foi conduzida a temperatura ambiente em um equipamento Shimadzu XRD-6000 a 40 kV e 30 mA e com um comprimento de onda λ $\text{CuK}\alpha = 0.154$ nm. As amostras em forma de pó foram analisadas em um intervalo de varredura de 2θ entre 20 e 80 graus a uma taxa de 1,2°/min.

2.2 BETA FOSFATO TRICÁLCICO

Com o objetivo de analisar-se o grau de pureza e estudar a influência da calcinação em suas propriedades estruturais, o beta fosfato tricálcico foi obtido por meio da mistura a seco de carbonato de cálcio (CaCO_3) e fosfato bibásico de cálcio (CaHPO_4), em um moinho planetário de alta energia por 1h a 200 RPM, de modo a melhorar o contato entre os reagentes.

A mistura dos pós foi umidificada com excesso de acetona e, posteriormente, deixou-se a suspensão descansar por 24 h. O precipitado foi seco em uma estufa por três horas a 80°C.

O pó obtido de beta-TCP foi moído a seco no moinho planetário de alta energia e dividido em duas frações, uma foi reservada para comparação, e a outra passou pelo processo de calcinação, a 1000°C, durante seis horas.

Os pós foram então submetidos à análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), difração de raios X (DRX) e análise granulométrica (realizada a seco).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3 Hidroxiapatita

Apartir dos espectros de absorção no infravermelho das amostras de hidroxiapatita não calcinada (Figura 1), calcinada a 800°C (Figura 2) e calcinada a 1000°C (Figura 3), é possível verificar similaridade entre os resultados obtidos.

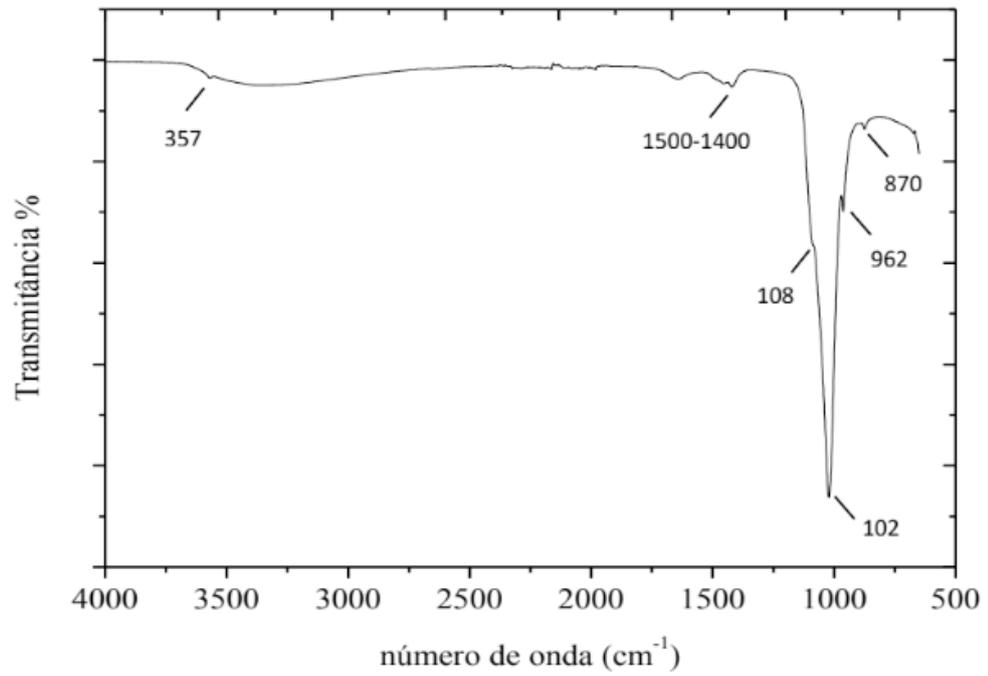


Figura 1 –Espectro da amostra de hidroxiapatita não calcinada

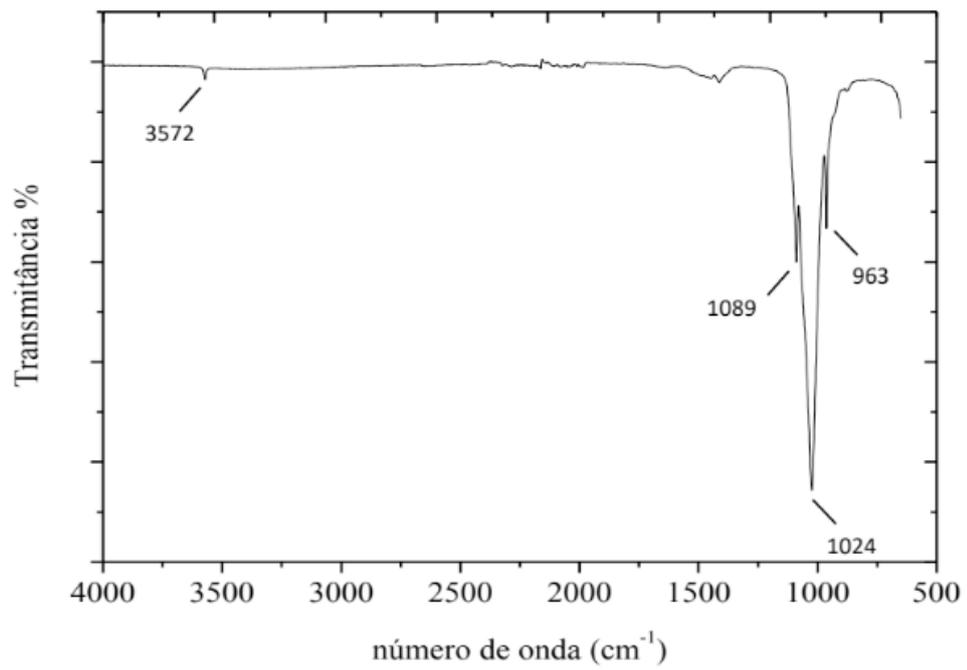


Figura 2 – Espectro da amostra de hidroxiapatita calcinada a 800°C

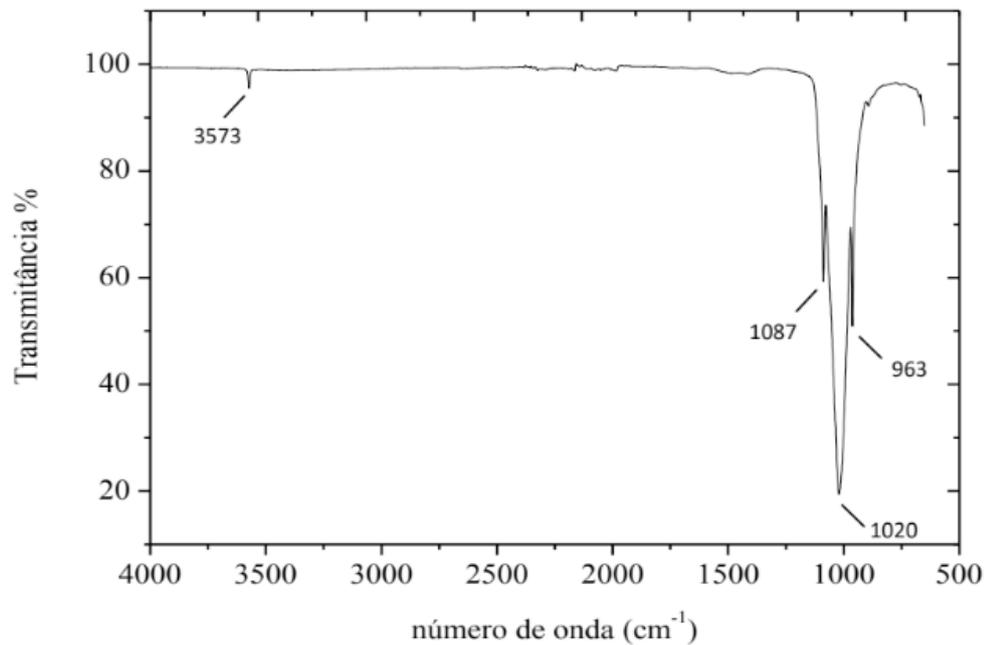


Figura 3 – Espectro da amostra de hidroxiapatita calcinada a 1000°C

As bandas presentes representam a fase de HA, confirmando a eficácia da síntese. Picos em torno de 963, 1024 e 1087 cm^{-1} , representam o grupamento PO_4^{3-} , que fica mais evidente com a sinterização; a banda em 3576 cm^{-1} representa o grupamento OH. Os espectros também mostram vestígios de CO_3^{2-} em torno de 870 cm^{-1} e na faixa de 1400 a 1500 cm^{-1} , que vão desaparecendo com o aumento da temperatura de calcinação (OLIVEIRA et al., 2010).

Os difratogramas de raios-X das amostras de hidroxiapatita sem calcinar e calcinadas a temperaturas de 800°C e 1000°C, são mostrados nas Figuras 4, 5 e 6 respectivamente.

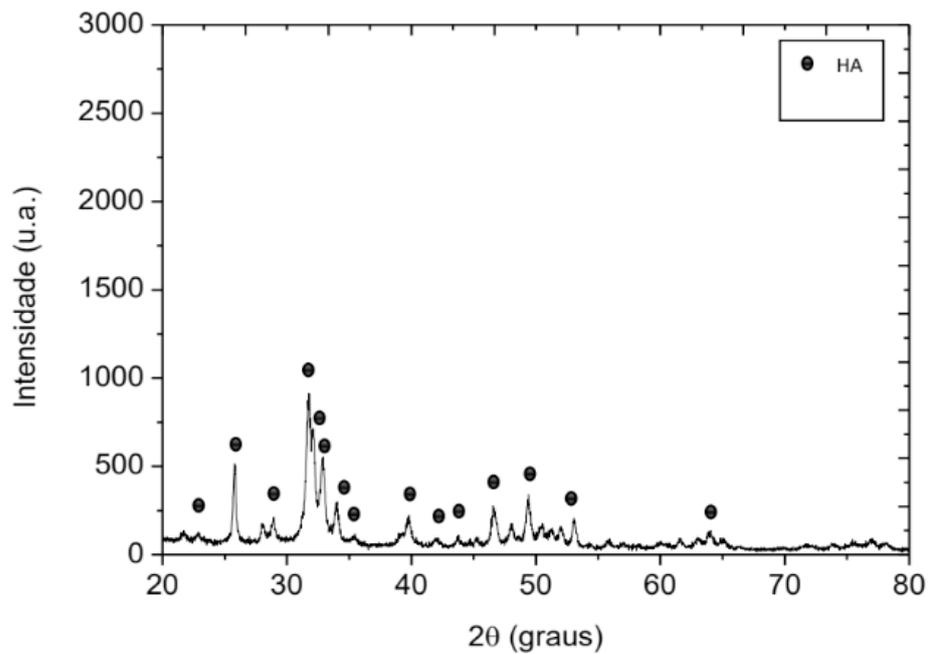


Figura 4 – Difratoograma da amostra de hidroxiapatita não calcinada

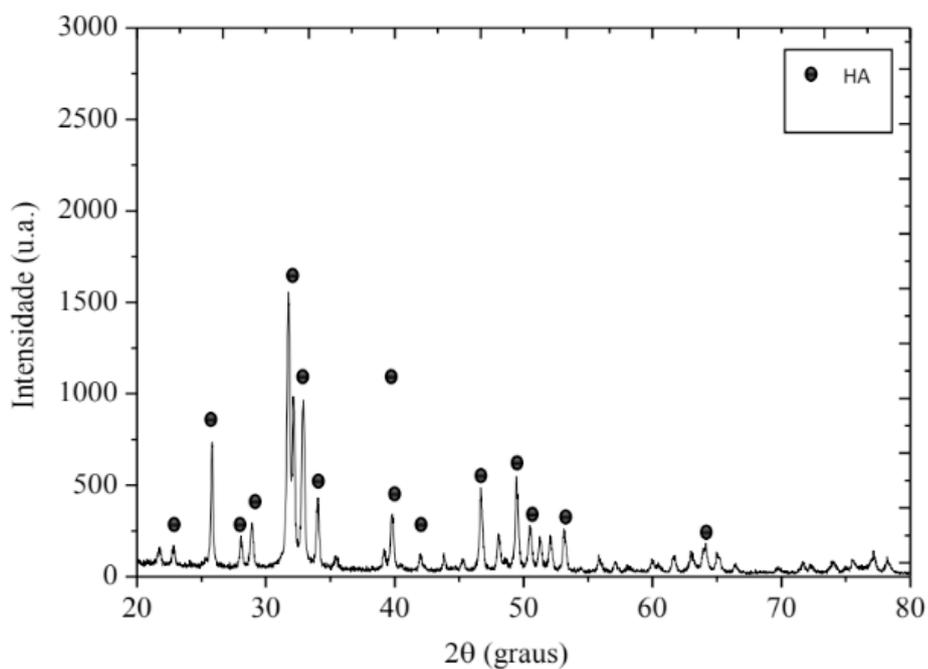


Figura 5 – Difratoograma da amostra de hidroxiapatita calcinada a 800°C

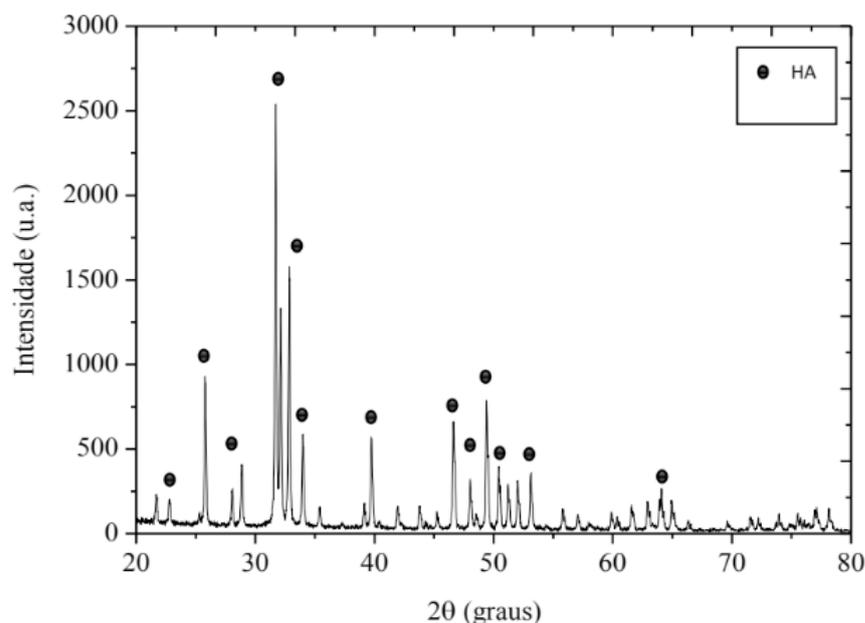


Figura 6 – Difratograma da amostra de hidroxiapatita calcinada a 1000°C

Pelos difratogramas obtidos (Figura 4 a Figura 6) é possível constatar que as amostras apresentam as fases características de uma hidroxiapatita (indicadas pelos pontos negros acima dos picos de cada difratograma), ou seja, as bandas nos difratogramas representam as fases das quais a hidroxiapatita é formada, não mostrando a formação de nenhuma fase diferente destas (SANTOS, 2002).

Os difratogramas também mostram que com o aumento na temperatura de calcinação os picos ficam mais bem definidos e com maior intensidade, o que indica o aumento na cristalinidade do pó, isto é, as amostras calcinadas apresentam estruturas mais cristalinas que a amostra não calcinada. Isso ocorre porque a temperatura de calcinação influencia na fase presente do pó, devido às diferentes propriedades físicas e estabilidades térmicas das fases presentes nos fosfatos de cálcio (RAYNAUD et al., 2002).

3.4 Beta Fosfato Tricálcico

Os espectros de absorção no infravermelho obtidos para a mistura precursora de β -TCP não calcinada (Figura 7) e calcinada a 1000°C (Figura 8) mostram diferenças entre a mistura precursora e a amostra sinterizada, indicando que a sinterização está agindo na estrutura química do biomaterial.

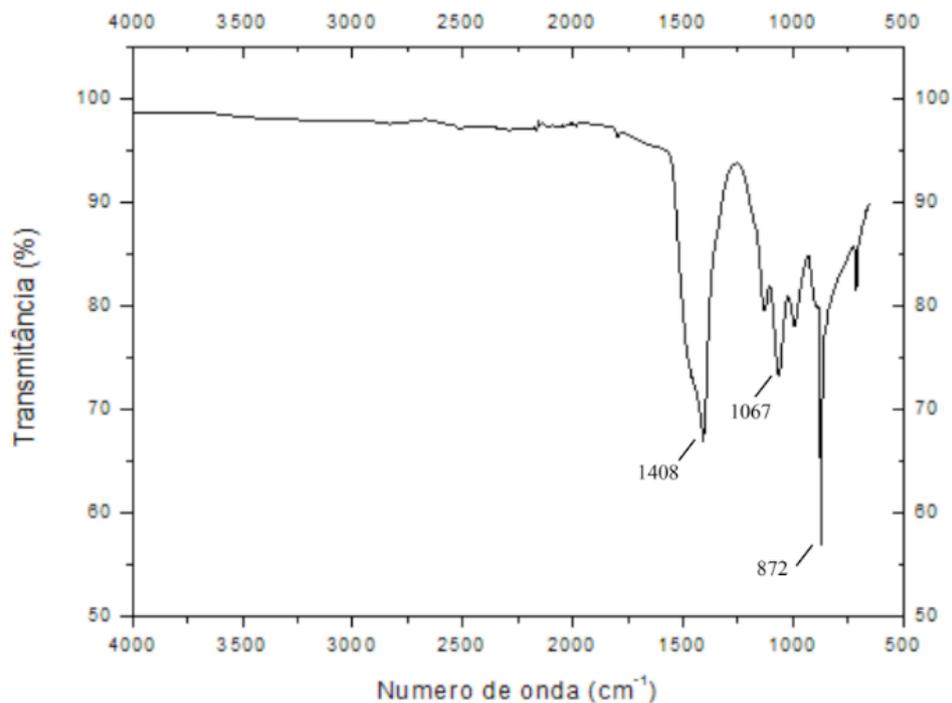


Figura 7 – Espectro da mistura precursora de β -TCP (sem calcinar)

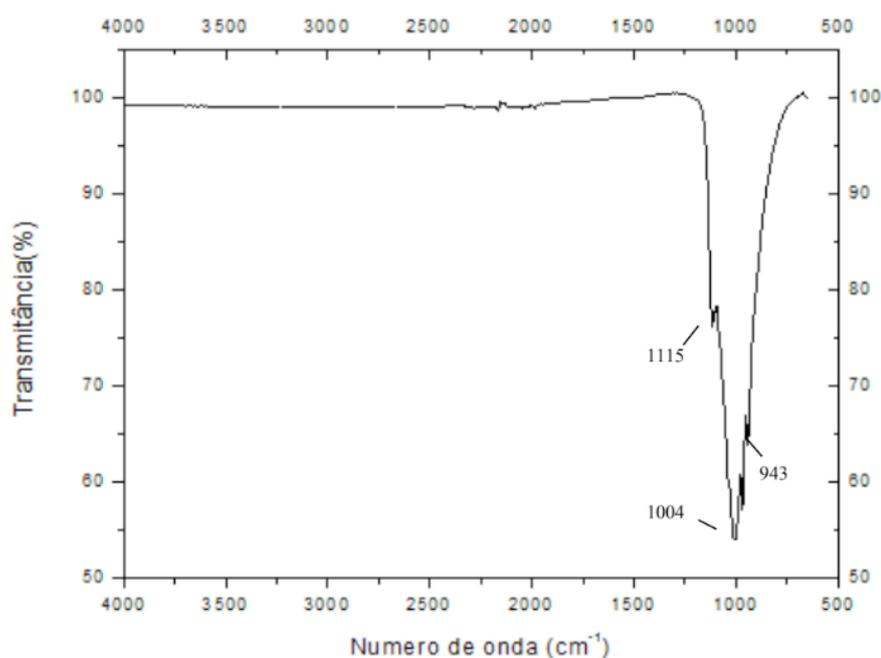


Figura 8 – Espectro da amostra de β -TCP calcinada a 1000°C

As bandas assinaladas na Figura 7 (1408, 1067 e 872 cm^{-1}) representam as vibrações CO_3^{2-} , provenientes da matéria-prima (OLIVEIRA et al., 2010).

Após a sinterização (Figura 8) o carbonato é eliminado na forma de gases e suas bandas desaparecem dando origem as bandas que representam a formação de fosfatos. Os picos em torno de 943, 1004 e 1115 cm^{-1} , na Figura 8, representam o

grupamento PO_4^{-3} , que se intensifica com a sinterização (OLIVEIRA et al., 2010).

As figuras 9 e 10 representam os difratogramas de raios-X da mistura precursora e do β -TCP calcinado a 1000°C , respectivamente.

A simples mistura a seco dos reagentes seguida da mistura a úmido já é suficiente para o surgimento de pequena quantidade de β -TCP, como pode ser observado pela Figura 9.

No entanto, a sinterização é necessária para aumentar a quantidade do biomaterial, o que é verificado, na Figura 10, pelo surgimento de maior quantidade de planos e cristalinos e aumento da intensidade de seus picos (RAYNAUD et al., 2002).

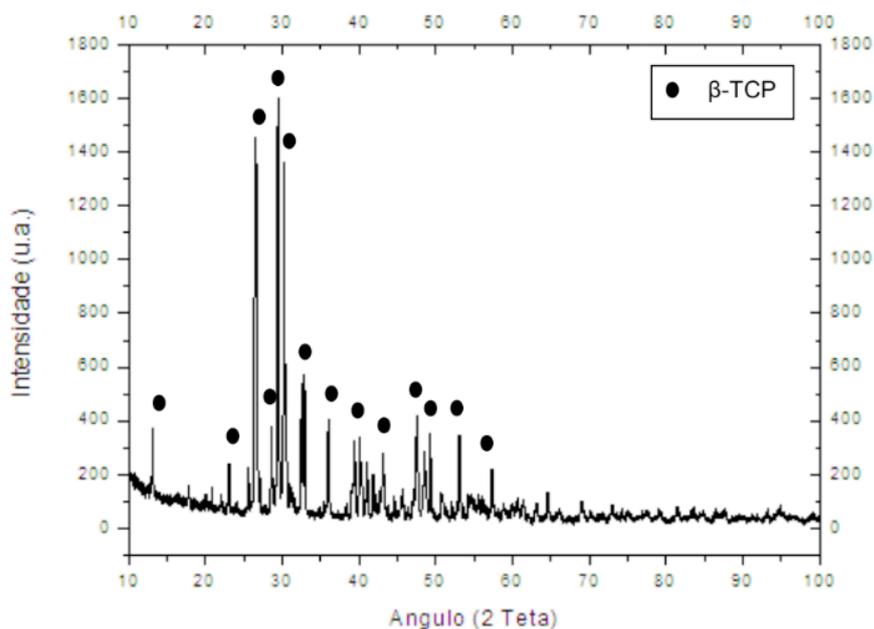


Figura 9 - Difratograma da mistura precursora do β -TCP (sem calcinar)

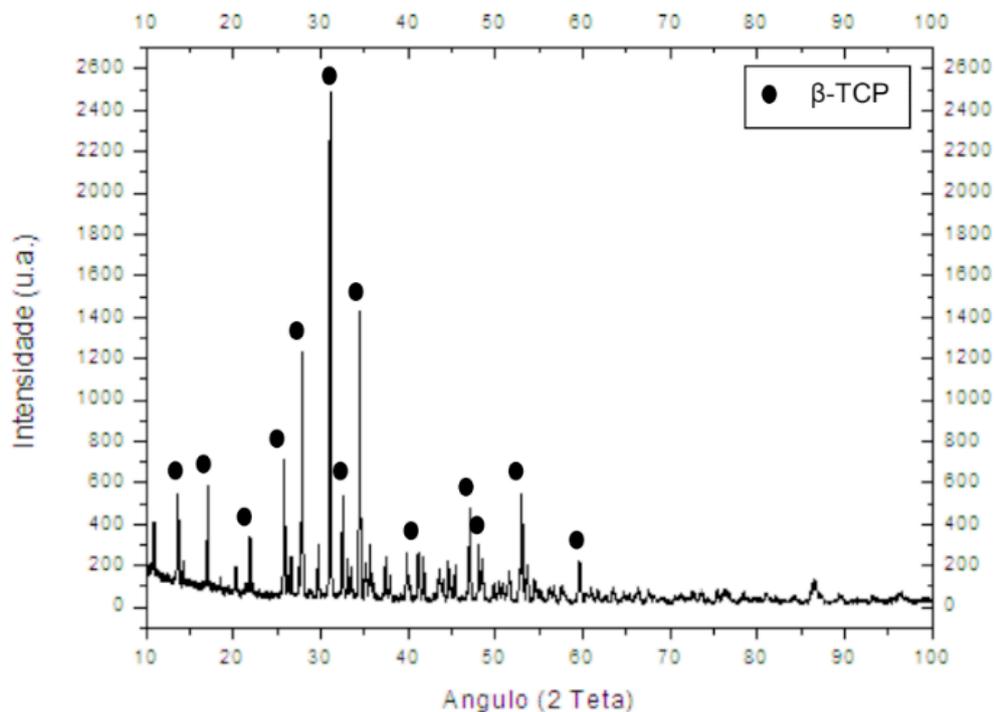


Figura 10 - Difratoograma da amostra de β -TCP calcinada a 1000°C

A partir da análise granulométrica apresentada na Figura 11, obtiveram-se os seguintes valores de diâmetro médio de partículas: 0,921 μm para a mistura precursora do β -TCP e 1,659 μm para o β -TCP calcinado. A liberação do carbonato na forma de gases e a formação do arranjo cristalino do β -TCP fazem com que as partículas se aglomerem, formando assim partículas de maior tamanho.

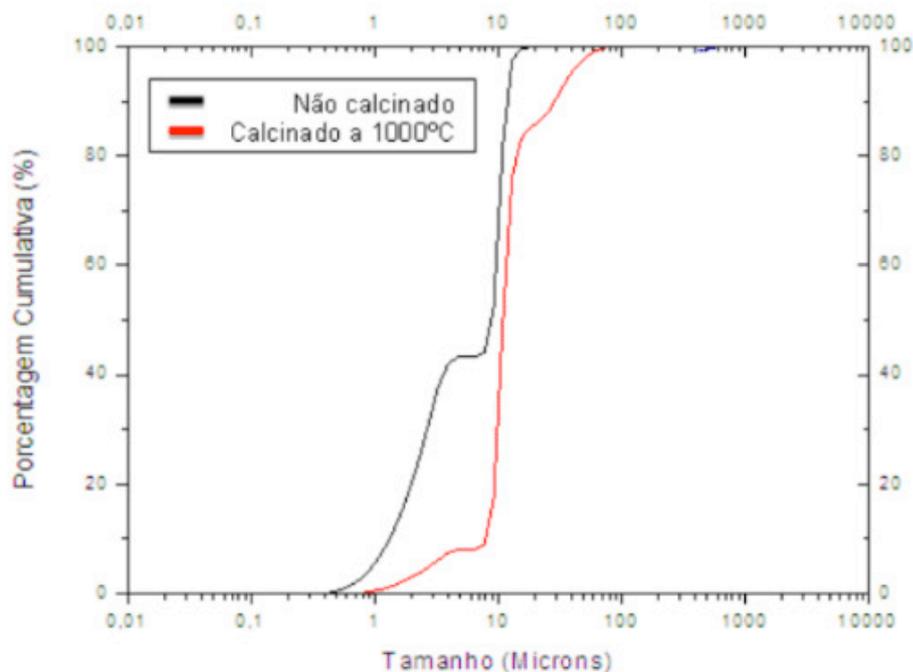


Figura 11 - Distribuição granulométrica para as amostras de β -TCP

4 | CONCLUSÕES

A caracterização da hidroxiapatita mostrou que o pó produzido pelo método da precipitação apresentou apenas fases cristalinas de HA. Assim, pode-se afirmar que a temperatura de 60°C é suficiente para síntese de HA com alto grau de pureza, uma vez que todos os reagentes foram consumidos durante a reação e não houve a formação de outros tipos de fosfatos de cálcio como subprodutos, ao menos não em quantidade suficiente para ser detectada pela análise de DRX. Observou-se ainda que a temperatura de calcinação influencia diretamente na fase obtida, sendo aconselhável a calcinação após a síntese da hidroxiapatita para se obter um produto com maior cristalinidade.

O método estudado de síntese do β -TCP, utilizando uma mistura preliminar a seco em um moinho de alta energia se mostrou bastante eficiente por gerar um biomaterial com um grau de pureza bastante elevado. Os ensaios de FTIR e DRX mostraram a necessidade da sinterização para a formação do fosfato de cálcio e aumento da cristalinidade do material. A análise granulométrica indicou a necessidade de moer o biomaterial formado devido à aglutinação que ocorre após a sinterização.

REFERÊNCIAS

BILLOTTE, W. G. **Ceramic Biomaterials**. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). *The Biomedical Engineering Handbook*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, cap. 38.

BOSCHI, A. O. **O que é necessário para que um material possa ser considerado um biomaterial?** In: Encontro Nacional de Biomateriais, 3., 1993, São Paulo. Anais do Evento. São Paulo, 1993. p. 63-75.

DOROZHKIN, S. V. **Calcium orthophosphates in nature, biology and medicine**; Materials, v. 2, p. 399-498, 2009.

EANES, E. D. **Crystal Growth of Mineral Phases in Skeletal Tissues**. Prog. Crystal Growth Charact., v. 3, n. 1, p. 3-15, 1980.

GOMES, L. C. et al. **Síntese e caracterização de fosfatos de cálcio a partir da casca de ovo de galinha**. Cerâmica, v. 58, p. 448-452, 2012.

JUN, Y. et al. **Synthesis and dissolution behavior of β -TCP and HA/ β -TCP composites powders**. J. Eur. Ceram. Soc., v. 23, n. 7, p.1039-1045, 2003.

KOUTSOPOULOS, S. **Synthesis and characterization of hydroxyapatite crystals: a review study on the analytical methods**. J. Biomed. Mater. Res., Hoboken, v. 62, n. 4, p. 600-612, 2002.

LAKES, R. **Composite Biomaterials**. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). The Biomedical Engineering Handbook. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, cap. 40.

LOURENÇO, B. H. G.; SOUSA, E.; SILVA, G. **Avaliação da influência das temperaturas de obtenção e calcinação na síntese de hidroxiapatita**. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e Pós-Graduação, 9., 2009, São José dos Campos. Anais do Evento. São José dos Campos: UNIVAP, 2009.

OLIVEIRA, S. V. et al. **Análise no Infravermelho da Hidroxiapatita**. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 6., 2010, Campina Grande. Anais do Evento. Campina Grande, 2010.

RAYNAUD, S. et al. **Calcium phosphates apatites with variable Ca/P atomic ratio I. Synthesis, characterization and thermal stability of powders**. Biomaterials, Oxford, v. 23, n. 4, p. 1065-1072, 2002.

RIGO, E. C. S.; GEHRKE, S. A.; CARBONARI, M. **Síntese e Caracterização de Hidroxiapatita Obtida pelo Método da Precipitação**. Rev. Dental Press Periodontia Implantol, Maringá, v. 1, n. 3, p. 39-50, 2007.

SANTOS, L. A. **Desenvolvimento de Cimento de Fosfato de Cálcio Reforçado por Fibras para Uso na Área Médico Odontológica**. 2002. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, O. G. **Síntese e Caracterização de Híbridos Inorgânicos-Orgânicos Formados a partir de Reações de Silanização da Hidroxiapatita e Monetita**. 2006. Dissertação de Mestrado – Laboratório de Compostos de Coordenação e Química de Superfície, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2006.

ZAVAGLIA, F. C. **Síntese, Caracterização e Processamento de Beta Fosfato Tricálcico para Manufatura de Implantes Personalizados**. 2011. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTORES COM O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA SUÍNA. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CUNHA, SÃO PAULO

Larissa Ferraz Felipe Santos

Graduanda em Engenharia de Energia
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Itajubá - Minas Gerais

Christian Jeremi Rodriguez Coronado

Professor Doutor em Engenharia Mecânica
pela UNESP atualmente Professor Adjunto no
Instituto de Engenharia Mecânica da UNIFEI
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)
Itajubá - Minas Gerais

RESUMO: Cada vez mais novas formas de gerar energia, de modo a aproveitar recursos até então desperdiçados, são buscadas. Fontes renováveis ou que evitam o degradamento do meio ambiente apresentam a maior demanda, seja devido à preocupação ambiental, objetivando economia ou então garantir o suprimento de energia. O biogás é uma fonte de energia conhecida e antiga, o processo para sua formação ocorre por meio de bactérias anaeróbicas que, em meio a uma mistura entre água e rejeitos, realiza a degradação deste, gerando gás e fertilizante. A ideia é utilizar desse gás para gerar eletricidade e aquecimento além de também aproveitar o fertilizante em lavouras. Sobre os aspectos econômicos temos alta atratividade, visto que hoje em dia, no caso que será apresentado da Granja Itália que se assemelham a muitas outros, o biogás

é apenas queimado a fim de diminuir o odor proveniente dos dejetos, ocorrendo assim um desperdício de uma potencial fonte para a geração de energia elétrica, e no que tange a área ambiental apenas a queima do biogás não é suficiente para evitar todos os aspectos que afetam o meio ambiente. O Brasil sendo um dos maiores produtores e exportadores de carne possui um grande potencial de gerar energia a partir do biogás, já que matéria necessária para o produzir existe em grande quantidade. Porém é necessário analisar cada caso, fazendo um dimensionamento de biodigestor e buscando por tecnologias e equipamentos que supram o que desejam os produtores e atendam ao menos a demanda por energia local.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor. Biogás. Energia. Dejetos.

ABSTRACT: More and more new ways of generating energy, in order to take advantage of previously wasted resources, are sought. Renewable sources or that avoid the degradation of the environment present the greatest demand, either due to the environmental concern, aiming at saving or guaranteeing the energy supply. Biogas is a well-known and old source of energy, the process for its formation occurs through anaerobic bacteria that, through a mixture between water and tailings, performs the degradation of this, generating gas and

fertilizer. The idea is to use this gas to generate electricity and heating, as well as to use the fertilizer in crops. On the economic aspects we have a high attractiveness, since nowadays, in the case that will be presented by Granja Itália that resemble many others, the biogas is only burned in order to diminish the odor coming from the wastes, thus occurring a waste of one potential source for the generation of electric energy, and in what concerns the environmental area only the biogas burning is not enough to avoid all aspects that affect the environment. Brazil being one of the largest products and exporters of meat has a great potential to generate energy from biogas, since matter necessary to produce it exists in great quantity. However, it is necessary to analyze each case, making a biodigester sizing and searching for technologies and equipment that supply what producers want and at least meet the demand for local energy.

KEYWORDS: Biodigester. Biogas. Energy. Waste.

1 | INTRODUÇÃO

Biodigester anaeróbico é um tanque onde a matéria orgânica proveniente dos efluentes que se deseja processar encontra-se protegida do ar, ou seja, as reações do seu conteúdo ocorrem sem a presença de oxigênio. Semelhante a um reator químico, as bactérias que atuam nele são as anaeróbicas e fazem a decomposição de materiais como resto de alimentos e fezes animais, acrescidos de água.

O biodigester anaeróbico gera dois produtos; o biogás, que é uma mistura de gases como: metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), hidrogênio (H_2), amônia (NH_3) e sulfeto de hidrogênio (H_2S). Apesar da quantidade desses gases depender da constituição do material orgânico que é utilizado, é de conhecimento que os dois primeiros citados são os que apresentam maior porcentagem na mistura. Há também, o biofertilizante, que se constitui de uma parte sólida, que decanta no tanque; mas em sua maioria encontra-se na forma líquida, misturado com água, ainda assim este é melhor que os fertilizantes químicos.

Além de gerar os produtos citados anteriormente, o uso de biodigestores tem as seguintes vantagens: evita poluição do meio ambiente com os dejetos orgânicos, sobretudo na água; combate ao aquecimento global, já que a queima do biogás evita a emissão dos gases de efeito estufa, principalmente do metano; elimina os maus odores; reduz o espaço utilizado para tratamento dos dejetos animais se comparado com aquele necessário para lagoas de decantação, etc.

Na análise econômica percebe-se sua atratividade visto que biogás pode ser utilizado em substituição do GLP (gás liquefeito de petróleo) ou do gás natural em usos como: aquecimento de instalações para animais sensíveis ao frio, aquecimento de estufa, combustível para motores de combustão interna, na geração de energia elétrica, em residências como substituto do gás de cozinha, etc.

E os biofertilizantes podem substituir o uso dos fertilizantes químicos já que apresentam qualidade superior, devido principalmente ao fato de possuir menos

carbono em sua constituição, visto que a matéria orgânica ao ser digerida perde carbono na forma de CH_4 e CO_2 , assim há um alto teor de nitrogênio e demais nutrientes, e a relação ente C/N é menor, o que melhora as condições do material para fins agrícola, e como o material orgânico já encontra-se em um grau avançado de decomposição este biofertilizante é mais eficiente na sua fixação no solo.

2 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil ocupa ranking dos maiores produtores de carnes, englobando produção da carne de frango, peixe, suína e a bovina (ABPA, 2015).

Na Tabela 1, tem-se os dados da produção de carne no país, em mil toneladas, onde o ano de 2015 apresenta uma estimativa*.

Carne	2014	2015*	Var%
Frango	12,75	13,00	1,96
Bovina	10,23	10,26	0,29
Suína	3,47	3,52	1,44
Peixe	2,22	2,28	2,70
Total	28,67	29,06	1,36

Tabela 1- Produção de carnes. (ABPA, 2014).

Percebe-se que houve um crescimento de 2,4% sob 2014 (390 mil toneladas a mais) 45,29% é carne de frango 34,94% é bovina, 12% suína e 7,76% peixes (ABPA, 2015).

A produção animal é uma das atividades de grande impacto ambiental, considerada pelos órgãos de controle ambiental como uma das causadoras de degradação, tendo um grande potencial poluidor no que diz respeito aos recursos hídricos. As implantações de biodigestores nas propriedades rurais criadoras de animais podem representar medidas eficazes no combate à poluição dos rios (GASPAR, 2003).

Com o intuito de diminuir a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) e mitigar mudanças climáticas proveniente da produção animal, foi adotado como uma das estratégias do Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), coordenada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o tratamento dos resíduos animais, grande problemática no caso brasileiro, visto que em 2012 só o PIB da agropecuária contribuiu com 198 bilhões de reais, cerca de 4,51% do total do produto interno bruto do país (DEEPASK, 2012).

O objetivo é tratar 4,4 milhões de m^3 de resíduos da suinocultura e de outras atividades e assim deixar de lançar 6,9 milhões de toneladas de CO_2 equivalente na atmosfera até 2020 (EMBRAPA, 2014) (Embrapa, 2015^a).

Sendo o gás metano (CH_4) principal participante na composição do biogás, tendo

poder calorífico deste variando 11.000 a 13.000 kcal/kg (Geração Térmica, 2015).

A Tabela 2 apresenta a capacidade de produção de resíduos por espécie, a produção de biogás, assim como a concentração de metano, este pode variar de acordo com espécie e com sua alimentação.

Animal	Dejetos (kg/dia)	Produção de Biogás (a partir de material seco em m ³ /ton)	Percentual de gás metano produzido
Bovinos	10	270	55%
Suínos	2,25	560	50%
Aviários	0,18	285	Variável

Tabela 2- Produção diária de dejetos por animal, produção de biogás e percentual de metano. (Sganzerla, 1983. Adaptado pela autora).

Pelos dados da tabela percebe-se que os dejetos suínos possuem o melhor rendimento. De acordo com Ministério da Agricultura o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking de produção e exportação de carne suína, é, portanto, um ramo de intensa produção. Dados do IBGE (1983) mostravam que:

“Cerca de 81,7% dos suínos são criados em unidades de até 100 hectares (ha). Essa atividade se encontra presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades existentes no país, empregando mão-de-obra tipicamente familiar e constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social” (GASPAR, 2003).

Sabendo da necessidades ambientais e vantagens econômicas da utilização do biodigestor essa pesquisa visa, partindo de um caso específico desenvolver caminhos para aplicações generalizadas.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

Humphry Davy, em 1806 na Inglaterra identificou um gás resultado da decomposição de dejetos animais que era rico em metano e dióxido de carbono. Mas só em 1857 na Índia é que foi feita a primeira instalação operacional para produção do biogás. Surgiu assim o modelo de biodigestor conhecido como indiano.

O primeiro biodigestor que se tem registro no Brasil é da década de 1970, quando o país, tal como o mundo, enfrentava uma crise energética, a solução foi a busca por fontes de energias renováveis.

“Em novembro de 1979, a empresa brasileira Embraer instalou o primeiro biodigestor modelo chinês, na “Granja do Torto” em Brasília. Com o Segundo choque dos preços de petróleo em 1979, o governo adotou algumas medidas voltada para a substituição e conservação de derivados de petróleo. No período da crise foram utilizadas diversas formas de estímulos à instalação de biodigestores” (EMBRAPA^b).

No Brasil o retorno do incentivo para uso de biodigestores como tratamento de resíduos e também gerador de energia ocorreu por patrocínio de empresas entre elas a binacional ITAIPU. Os biodigestores se concentram nas poucas propriedades em estados como Paraná e São Paulo.

O início ocorreu devido ao descarte dos dejetos das criações de porcos e vacas do município de Marechal Cândido Rondon, no Paraná em águas de rios que resultam no lago da hidrelétrica. O abastecimento de Itaipu é feito pelo Rio Paraná e seus córregos como Ajuricaba que corta o município citado. Há cinco anos o rio era muito poluído devido aos dejetos produzidos por porcos e vacas leiteiras que eram descartados ali sem nenhum pré-tratamento.

Como essa água iria ser usada na geração de energia pela hidrelétrica a solução encontrada pelos engenheiros foi o biodigestor. A empresa Itaipu forneceu o material e a assistência técnica. Os produtores entraram com a mão de obra. O objetivo de despoluir o rio foi atingido de forma quase imediata, a outra questão trabalhada foi fazer com que o gás produzido fosse consumido localmente dando autossuficiência aos produtores. Como a produção individual era pequena criou-se um condomínio de biogás.

“O condomínio funciona da seguinte maneira: à medida que o balão do biodigestor enche, o compressor empurra o gás através de um cano para a rede principal, enterrada ao longo da estrada. São 33 biodigestores ligados nos 25 quilômetros percorridos pelo gasoduto até chegar aos depósitos da usina termelétrica.

O gás movimenta um gerador com capacidade de produção de energia suficiente para abastecer 300 residências de consumo médio da zona rural. Além de gerar energia, a central possui um secador de grãos movido a biogás.

Houve redução do custo do transporte do milho, que antes era levado até o secador da cooperativa que fica na cidade. O preço cobrado no condomínio é menor que em relação ao da cooperativa” (G1.Globo.com).

3.1 O Biogás

Biogás é uma mistura gasosa inflamável que pode ser usada como combustível, substituindo o GLP, gasolina, diesel e a lenha. Ou seja, gera diversas formas de energia; elétrica por meio de geradores, térmica para aquecer ambientes e água e mecânica útil em motores e bombas. O aspecto negativo é que a presença de vapor d'água, CO₂ e gases que podem se tornar corrosivos (H₂S), sendo estes os principais problemas por reduzir poder calorífico e a vida útil dos equipamentos comprometendo a segurança e a confiabilidade.

Este gás é produzido por microrganismos que agem sobre a matéria orgânica em condições específicas de temperatura decompondo-a. Isto ocorre em três fases: fase de hidrólise; fase ácida; fase metagênica.

- Fase de hidrólise: as bactérias irão liberar no meio as chamadas enzimas

extracelulares que irão promover a hidrólise (quebra na presença de água) das partículas e transformar as moléculas maiores em moléculas menores e solúveis ao meio.

- Fase Ácida: Nesta fase, as bactérias produtoras de ácidos transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono e outros.
- Fase Metanogênica: As bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em metanol (CH_4). Esta fase limita a velocidade da cadeia de reações devido principalmente à formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, isolando-a do contato direto com a mistura em digestão. Razão pela qual a agitação no digestor é prática sempre recomendável, através de movimentos giratórios do gasômetro.

Na figura 1 apresenta-se os três estágios que ocorrem para formação do biogás a partir de resíduos orgânicos, carboidratos, lipídios e proteínas.

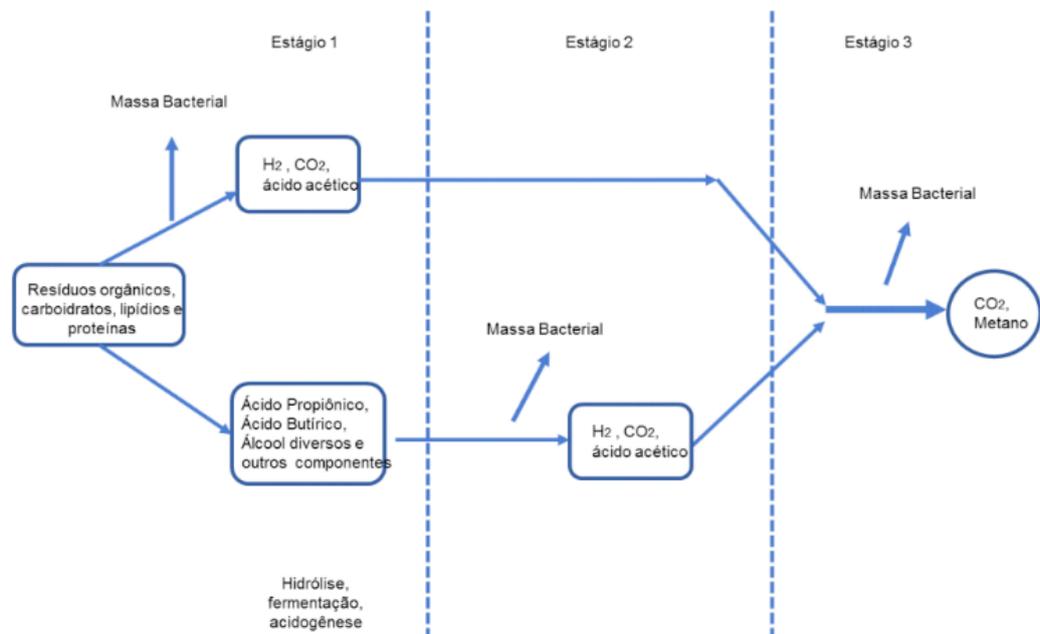


Figura 1. Estágios para formação do biogás (PIPGE-IEE\USP).

3.2 Biodigestores

Como apresentado na Figura 2- Esboço de sistemas de biodigestão, é constituído basicamente de uma lagoa de deposição de dejetos (1) impermeabilizada por uma membrana de PVC (manta inferior) que protege o solo e os lençóis freáticos contra possíveis contaminações. Uma Caixa ou tonel de entrada (2), onde o dejetos é misturado com água antes de descer para o biodigestor. Tubulação de entrada (3), permitindo a entrada da mistura ao interior do biodigestor. Biodigestor (4) revestido de uma cobertura de PVC (manta superior) que captura o biogás formado. Tubulação de

saída de biofertilizante (5), levando o material líquido já fermentado à caixa de saída. Tubulação de saída de biogás (6), canalizando-o para fogão, motor, etc. Caixa de saída (7), onde é armazenado o biofertilizante até ser aplicado nos cultivos.

Tem ainda as saídas de gás, controladores de pressão interna, saída de emergência de gás (válvula de alívio), tubulações subterrâneas e/ou aéreas de transporte do biogás e sistema de ancoragem da cobertura.

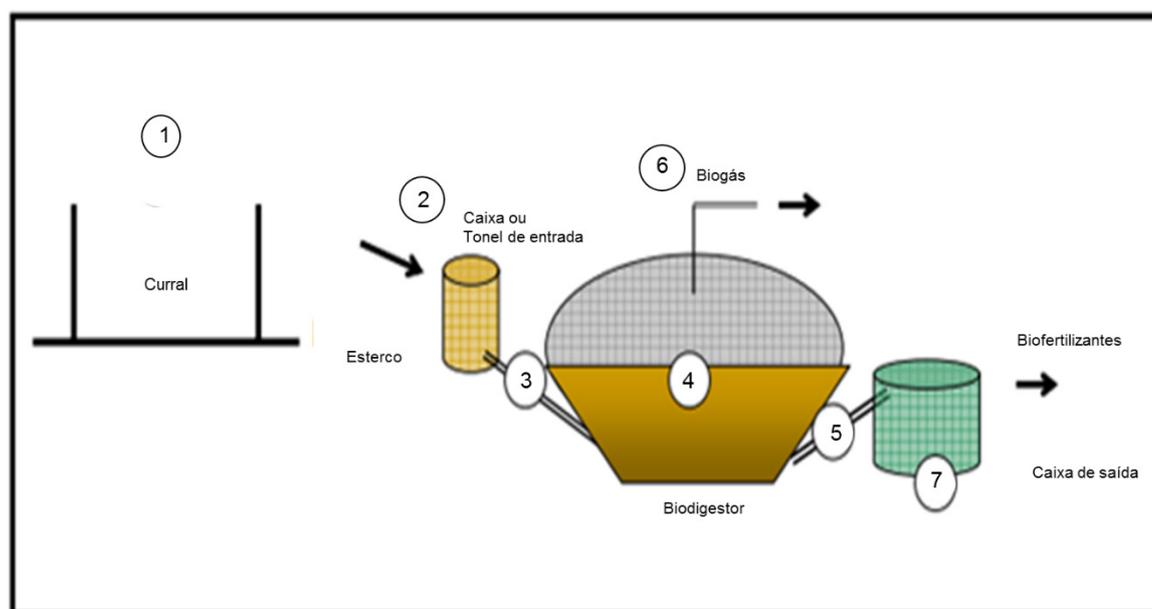


Figura 2. Esboço de sistema de biodigestão (Revistae.org, 2012).

Existem diversos modelos, entre eles: modelo chinês, batelado, indiano, a escolha depende do material orgânico a ser utilizado, do espaço físico disponível, da análise custo/ benefício, ou seja, é necessário um estudo de caso para que a decisão seja rentável. Construir ou não um biodigestor depende de um plano de negócios de qualidade, que considerará todos os dados básicos para o cálculo do tamanho do tanque e do tipo de tecnologia a ser usado.

3.2.1. Modelo Batelado

Tem alimentação descontínua, por isso é indicado para locais que não produzem resíduos orgânico diariamente, e a produção de gás não é constante.

A matéria orgânica é inserida toda de uma só vez e então ele é fechado hermeticamente (de forma a não permitir a entrada de oxigênio) até que ocorra o processo de digestão anaeróbia e começar a ocorrer a degradação do material e a produção biogás. O biodigestor será aberto novamente só quando a produção de biogás diminuir, indicando que a matéria orgânica já foi decomposta e que pode ser feita a retirada da matéria restante, o biofertilizante, para, caso seja necessário, ser inserida nova carga de matéria orgânica.

Caso ainda haja matéria orgânica após a abertura do biodigestor está pode ser retirada e utilizada como biofertilizante.

A Figura 3 apresenta um modelo do biodigestor batelado.

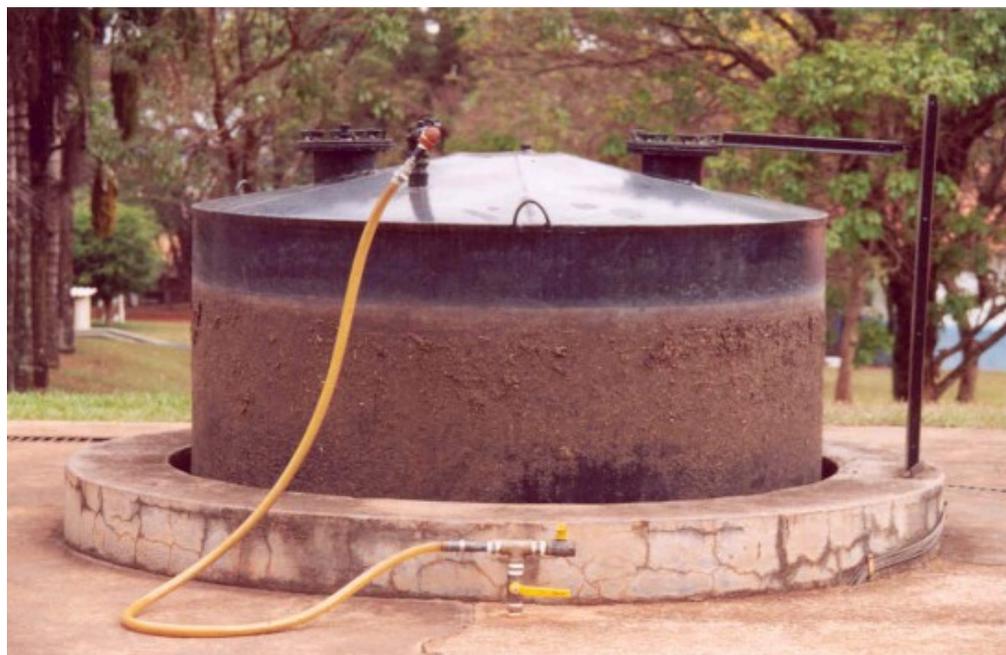


Figura 3. Biodigestor Batelado (CPT, 2015).

3.2.2. Modelo Chinês

É um modelo de peça única e é enterrado para ocupar menos espaço. Custo mais barato em relação a outros pois ele tem uma cúpula que é feita de alvenaria, mas devido a isto pode sofrer um pouco com a variação de temperatura, para mais detalhes vide a Fig 4.

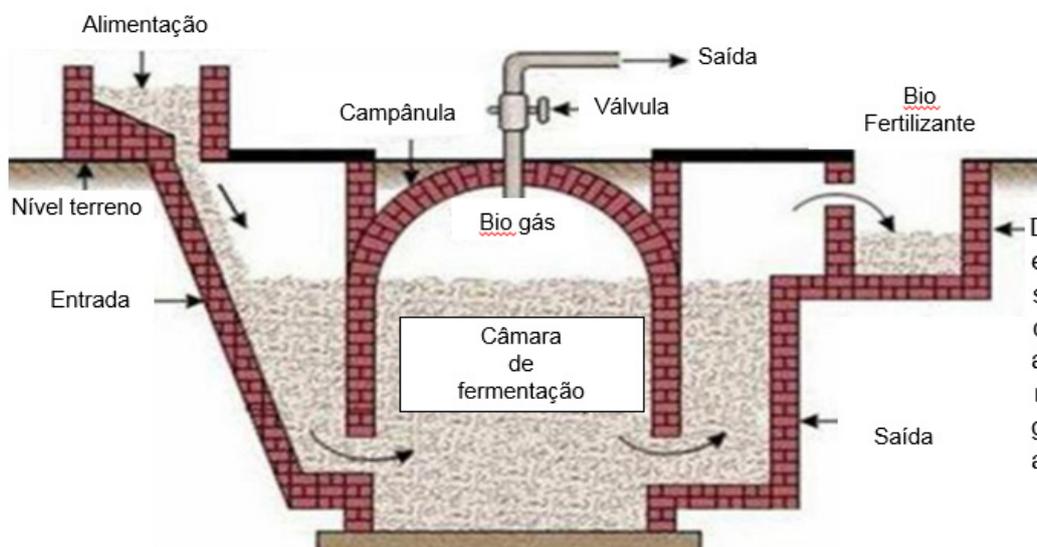


Figura 4. Esboço do biodigestor de modelo chinês (ENEL, 2012).

3.2.3. Modelo Indiano

Cúpula feita de ferro ou fibra, é móvel e se movimentada para cima ou para baixo de acordo com produção de biogás. Como ocorre aproveitamento da temperatura do solo a fermentação ocorre mais rápido.

Como podemos notar na figura 5, a construção é subterrânea logo ocupa pouco espaço, não precisa de uso de reforços, tais como cintas de concreto, mas devido a esse fato deve-se atentar para evitar infiltração no lençol freático. Existentes feitos em concreto, ou metal, coberto com lona vedada. Esta deve ter duas saídas, com duas válvulas, nas quais restos orgânicos são despejados.

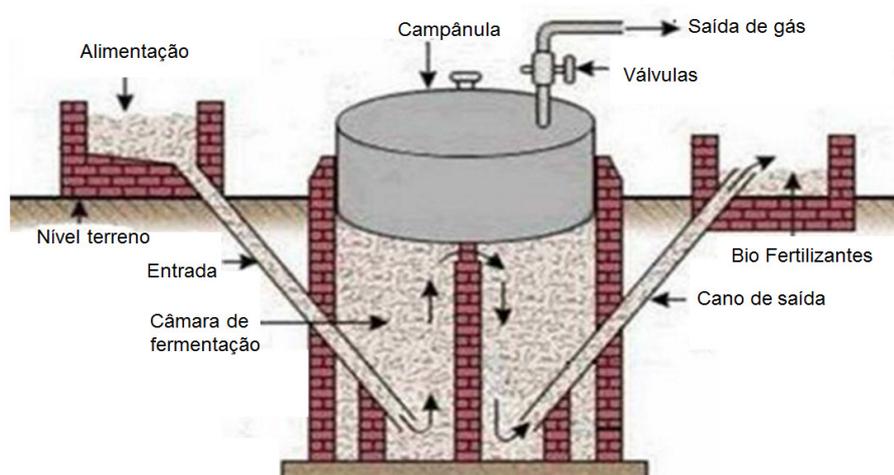


Figura 5. Biodigestor de modelo indiano (ENEL, 2012).

4 | ESTUDO DE CASO

4.1 Generalidades da fazenda

A Granja Itália, localizada no quilômetro 32 da rodovia Paulo Virgínio, entre as cidades de Guaratinguetá e Cunha, no estado de São Paulo, possui em média três mil cabeças suínas, que permanecem no local desde o nascimento até atingirem o peso aproximado de 96 kg, quando então seguem para o abate em outra localidade.

A tabela 3 apresenta a produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas do gado suíno.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina	Dejetos líquidos (litros/dia)
Suínos 25 a 100kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação e leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço*	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

* macho adulto em fase reprodutiva. Tabela 3 - Produção média diária de dejetos suínos. (BIPERS, 1998).

O biodigestor presente nesse local segue o modelo indiano com lona. O conjunto todo para produção do biogás apresenta: sistema de transferência, caixa de distribuição, lagoa de deposição, saídas de gás e válvula de alívio, controladores de pressão interna, tubulações subterrâneas e/ou aéreas de transporte de biogás e sistema de ancoragem da cobertura, compressor radial, medidor de vazão e queimador (*flare*).

O sistema de transferência de dejetos irá transportar os dejetos dos galpões onde se encontram os suínos até a caixa de distribuição, esse transporte é realizado por gravidade ou por bombeamento e pode ser visto na Fig. 6.

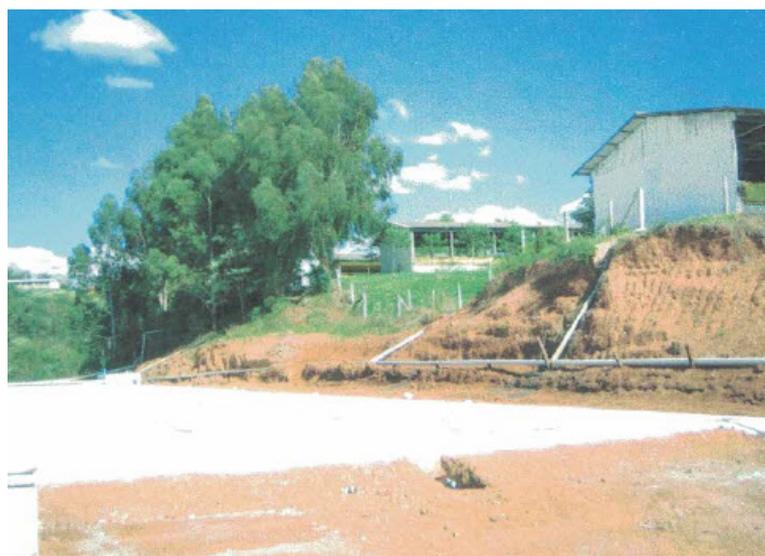


Figura 6. Sistema de transferência de dejetos (AGCERT, 2009).

Na Fig.7 pode-se se observar a caixa de distribuição que armazena os dejetos próximo ao biodigestor, e é utilizada para verificação da vazão de recebimento dos

dejetos e ocorrência de obstrução da tubulação de transporte.



Figura 7. Caixa de distribuição (Fonte própria).

Já a lagoa de deposição, Fig. 8, é impermeabilizada com duas geo-membranas de PVC; a manta inferior que protege o solo e os lençóis freáticos contra possíveis contaminações e infiltrações e a manta superior que captura o biogás formado.



Figura 8. Manta superior (Fonte própria).

A válvula de alívio da pressão está submersa em 1,5 cm de água e proporcionará 15 mmca para efeito de alívio na lona superior caso o sistema de combustão apresente falhas e o biogás na tubulação não escape (AGCERT, 2009).

O pressostato tem por função básica a proteção da integridade equipamentos contra sobre-pressão ou sub-pressão, no caso se faz o controle da pressão interna gerada pelo biogás no biodigestor. Ele é ajustado para que a uma determinada pressão ligue ou desligue o sistema de queima (*flare*), já que é o responsável por enviar o sinal do início do funcionamento do compressor e, conseqüentemente, ao queimador de biogás.

A fim de evitar a condensação da água presente no biogás, o que pode levar ao entupimento das tubulações, existem nas linhas dispositivos de drenagem chamado de “*J-traps*” que devem estar sempre repletos de água para funcionar com segurança.

O compressor radial é um equipamento utilizado para aumentar a pressão e a velocidade do biogás enviado para queima, no caso é do tipo turbo ventilador sem câmara de armazenamento de gás e acionado pelo sinal emitido pelo controlador de pressão (pressostato).

Existe uma estrutura de metal próximo ao biodigestor chamado de *skid*, onde encontra-se localizado o medidor de vazão, o compressor radial e o painel de controle elétrico, esta estrutura pode ser vista na Fig.9.



Figura 9. *Skid* (Fonte própria).

O medidor de vazão, Fig 10, é o responsável por registrar a vazão de biogás destinado à queima e/ou a geração de energia.



Figura 10. Medidor de vazão (Fonte própria).

Finalmente, o *flare*, Fig 11, é composto por um queimador, sistema de detecção de chama, sistema de ignição do biogás, sensor de temperatura de chama e válvula solenoide para controle da vazão, (abertura e fechamento), do gás.



Figura 11. *Flare* (Fonte própria).

5 | CONCLUSÃO

A busca de informações ratificou os conhecimentos sobre as possibilidades de produção do biogás, como este ocorre e como usufruir de um produto que pode ser utilizado para gerar eletricidade e tem como resíduo de seu processo um fertilizante. Além de que o aproveitamento dessa biomassa evita degradação ambiental, visto que a não queima ou utilização dos mesmos gera mal cheiro e é um desperdício de energia.

Através das coletas de dados realizadas até o presente momento, pode se notar que no caso em questão, Granja Itália, a utilização de dejetos suínos para produção de biogás é viável, visto que grande parte da estrutura já existe sendo necessário apenas pequenas modificações em equipamentos e substituições destes para viabilizar uma produção de maior eficiência. O uso do gás fruto do processo de fermentação de dejetos suínos seria utilizado localmente na forma de eletricidade a partir de um motor gerador, aquecimento de baias e os resíduos restantes na fertilização da terra.

Na segunda parte dessa pesquisa será executado o dimensionamento do biodigestor contabilizando a quantidade de dejetos produzidos por dia, e quanto isso irá gerar de biogás e como transformá-lo em eletricidade ou outro produto que possa ser utilizado pela granja. Será realizado também uma análise econômica comparando o quanto a granja despense com eletricidade e quanto poderia economizar caso o biogás fosse utilizado e não apenas queimado, como ocorre atualmente.

Além disso buscar-se-á por novas tecnologias de processo e equipamentos que possibilitem a produção de um gás de melhor qualidade térmica e também um fertilizante mais rico.

REFERÊNCIAS

- ABPA – **Associação Brasileira de Proteína Animal. Cenário carnes 2014/2015.** Jurandi Machado.
Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Aves_e_suinis/25RO/Cen%C3%A1rio%20Carnes%202014%202015.pdf> Acesso em: 2 out. de 2015.
- AGCERT. **Guia de operações do biodigestor.** Disponível Junho de 2009.
- BIPERS- **Boletim Informativo Pesquisa & Extensão.** Março /1998. Manejo de dejetos suínos.
Disponível em: < <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers11.pdf> > Acesso em: 14 de nov. de 2015.
- CPT-**Centro de Produções técnicas.** Disponível em: <http://www.cpt.com.br/noticias/identifique-as-vantagens-da-utilizacao-de-um-biodigestor>. Acesso em: 3 out. 2015
- DEEPASK. **O mundo e a cidade através de gráficos e mapas.** Confira a participação dos setores da economia no PIB do Brasil. Disponível em:<<http://www.deepask.com/goes?page=Confira-a-participacao-dos-setores-da-economia-no-PIB---Produto-Interno-Bruto---do-Brasil> >. Aceso em 5 de nov. de 2015.
- EMBRAPA^a- **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/tratamento_de_residuos_animais.pdf>. Acesso em 3 out. de 2015.
- EMBRAPA^b- **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em <<https://www.embrapa.br/suinis-e-aves> > Acesso em 2 out. de 2015.
- ENEL- **Encontro nordestino do setor de leite e derivados.** Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/49617/> >. Acesso em 3out. de 2015.
- GASPAR B.L. R. **Utilização de biodigestores em pequena e medias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR.** Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, SC, 2003.
- G1.Globo.com. **Projeto em Itaipu trata os dejetos das criações de porcos e gado de leite.**
Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2013/06/projeto-em-itaipu-trata-os-dejetos-das-criacoes-de-porcis-e-gado-de-leite.html>>. Acesso em 3 de out. de 2015.
- GERAÇÃO TÉRMICA. **Poder calorífico.** Disponível em: <<http://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/podercalorifico.htm>>. Acesso em 3 de out. de 2015.
- PIPGE-IEE\USP - **PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA (USP). Estágios necessários para a formação do biogás.** 2004.
- REVISTAE.ORG. **Fundamentos de implantação de biodigestores em propriedades rurais.**
Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>> Acesso em: 3 out. 2015.

PRODUÇÃO ECOLÓGICA DE SABÕES

João Gabriel da Silva Andrade

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Meio

Ambiente – Umuarama/PR

Valéria Aquilino Barbosa

Universidade Estadual de Maringá.

Departamento de Tecnologia - Umuarama/PR

Tânia Mara Rizzato

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Tecnologia – Umuarama/PR

Vagner Roberto Batistela

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Tecnologia - Umuarama/PR

RESUMO: A contaminação de corpos d'água, solo e biota por óleos e gorduras constitui-se em um grande problema ambiental dadas a enorme quantidade desses resíduos gerados continuamente e a potencial capacidade poluidora. Uma alternativa ecológica para a destinação de resíduos de óleos e gorduras é a produção de sabões. Por ser um procedimento simples, permite que esses resíduos sejam tratados tanto em pequena quanto em grande escala, proporcionando a obtenção de produtos de utilização doméstica. Para isso, tratam-se os resíduos de óleos e gorduras com solução básica para que ocorra a reação de saponificação. Os produtos obtidos são o sabão sólido e glicerol,

que são separados. Dependendo da origem da matéria prima, obtêm-se características diferenciadas para o sabão. Visando melhorar aspectos estéticos, podem ser adicionados corantes ou essências que contribuem para a melhor aceitação do produto.

PALAVRAS-CHAVE: sabão, sustentabilidade, resíduos, óleos e gorduras.

ABSTRACT: Contamination of bodies of water, soil and biota by oils and fats is a major environmental problem due to the enormous amount of these continuously generated residues and potential pollutant capacity. An ecological alternative for the disposal of waste oils and fats is the production of soap. Since it is a simple procedure, it allows these wastes to be treated on a small or large scale to provide household products. In order to do that, the residues of oils and fats with basic solution are treated, so that they allow saponification reaction. The products obtained are solid soap and glycerol, which are separated. Depending on the origin of the raw material, the soap will have different characteristics. In order to improve aesthetic aspects, we can add dyes or essences that contribute to a better acceptance of the product.

KEYWORDS: soap, sustainability, wastes, oils and fats.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Histórico

O processo para se obter sabão é uma das maiores descobertas da História, sendo o produto utilizado há aproximadamente 4000 anos. O sabão era produzido pela mistura de gordura animal com cinzas vegetais alcalinas, o que resultava em uma espécie de mistura pastosa que apresentava formação de espumas e poder de limpeza.

A palavra sabão (*soap*, em inglês) é originária do Monte Sapo, em Roma, onde se realizavam rituais religiosos. A mistura de gordura de animais oferecidos em sacrifícios aos deuses romanos se misturava com as cinzas do altar, resultando em uma mistura utilizada pelas mulheres para a lavagem de roupas. No séc. IX, o sabão começou a ser comercializado na França, Itália e Alemanha de forma artesanal e, no séc. XIII, de forma industrial com as primeiras fábricas. Posteriormente, indústrias se estabeleceram na Inglaterra no séc. XIV e na América do Norte no séc. XIX.

Dois importantes avanços auxiliaram os fabricantes a conhecerem aspectos químicos envolvidos no processo. Em 1791, Nicolas Leblanc concluiu o desenvolvimento do método de síntese de barrilha (carbonato de sódio) a partir de salmoura (solução de cloreto de sódio), facilitando o processo de produção do álcali como matéria prima para a produção de sabões. Posteriormente, esse processo foi substituído pelo processo Solvay, menos poluente e mais barato. No começo do séc. XIX, acreditava-se que o sabão era apenas uma simples mistura mecânica de gordura e álcali. Já entre os anos de 1813 e 1823, o químico francês Michel Eugène Chevreul elucidou a composição das gorduras naturais e mostrou que a formação do sabão era devida a uma reação química. Mais tarde, a produção industrial de soda cáustica por meio de salmoura permitiu a industrialização do sabão.

No Brasil, a indústria saboeira surgiu na segunda metade do século XIX com produção ainda artesanal. Os sabões eram fabricados em fazendas, envolvendo a mistura de banha de porco e álcali. Esses sabões apresentavam menor qualidade em comparação aos sabões produzidos em Portugal. Fábricas de sabão se instalaram em São Paulo e no Nordeste vinculadas às de óleos vegetais, com o objetivo de aproveitar subprodutos destas, principalmente o óleo de algodão, que proporcionaria sabões semelhantes aos encontrados em Portugal. No começo do séc. XX, surgiam as primeiras fábricas de óleo de coco no Brasil. Os sabões produzidos com esse ingrediente apresentaram uma enorme diferença em qualidade quando comparados àqueles produzidos com sebo e óleo de algodão, conquistando, assim, a preferência nos mercados regionais. Esse período foi apontado como o primeiro ciclo da indústria saboeira brasileira. Os sabões eram produzidos em batelada e resfriados em caixotes até 1950, quando foi importada a primeira extrusora, o que deu início ao segundo ciclo da indústria saboeira brasileira. Hoje, sabões extrudados correspondem a 90% da

produção brasileira, sendo produtos de altíssima qualidade.

Na metade do séc. XIX, os sabões não eram muito bem aceitos na Europa, onde as lavadeiras lavavam suas roupas com águas de altos teores de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} . Nesses casos, os sabões não se dissolviam bem e espumavam pouco. Os detergentes, então, surgiram como uma opção para esse problema, pois não apresentam essa limitação e são facilmente obtidos a partir de derivados do petróleo. Após a 2ª Guerra Mundial, houve escassez da matéria-prima para a produção de sabão e iniciou-se um grande desenvolvimento da indústria química, em especial a produção industrial de detergentes sintéticos. Em meados da década de 1950, passaram a ser produzidos detergentes sintéticos biodegradáveis. Ainda hoje, os sabões tradicionais continuam sendo utilizados especialmente por seu baixo custo, alto poder de limpeza e caráter sustentável.

1.2 Produção industrial de sabão

A fabricação de sabões é atualmente um dos mais importantes ramos industriais, respondendo por cerca de 25% da demanda de produtos de limpeza doméstica no Brasil. Há dois processos conhecidos para a produção industrial de sabão: o de caldeira e o contínuo. As tendências mais atuais consistem na melhora da qualidade da matéria prima, com ênfase em reações de hidrólise, hidrogenação, extração em fase líquida e processos de cristalização, e também em aspectos de apresentação do produto final, com os processos de secagem, dentre outros.

O processo de caldeira é baseado na saponificação direta da gordura, em batelada, semelhante ao processo artesanal de obtenção do sabão. Ele apresenta algumas limitações, como o grande tempo necessário para a produção, sendo mais utilizado em indústrias de porte menor e/ou artesanais. Na Figura 1 está descrito o processo industrial simplificado de produção de sabão. De forma geral, óleos e gorduras são misturados com soda cáustica em um reator para o processamento da reação de saponificação. Em seguida, é feita a extração do glicerol (subproduto). Na sequência, adiciona-se solução de salmoura para a melhor separação do sabão e posterior concentração do produto final.

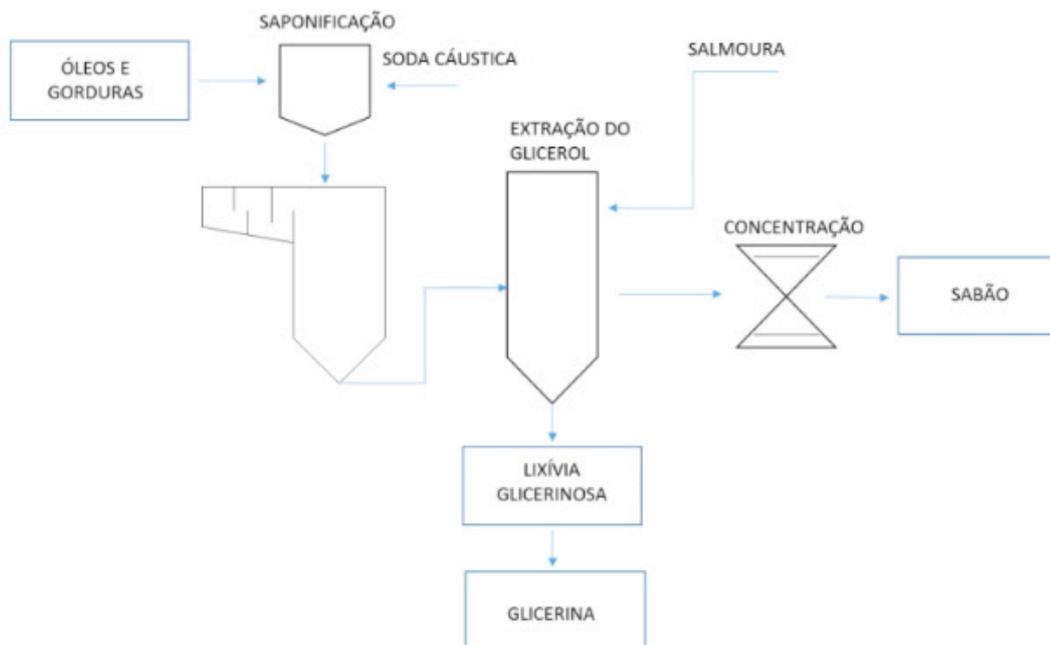


Figura 1 - Esquema simplificado da produção industrial de sabões.

O processo contínuo, por sua vez, é bastante utilizado na maior parte das indústrias saboeiras, pois é relativamente rápido, apesar do maior custo. Nele, óleos e gorduras são hidrolisados a uma alta pressão e com catalisador em ácidos graxos, purificados por destilação à vácuo e, posteriormente, neutralizados com soda cáustica. Os grânulos formados são então secos por meio de calor, vácuo e *spray*, e moldados no formato desejado.

2 | QUÍMICA DOS SABÕES

2.1 Conceitos químicos

Surfactantes são moléculas que apresentam uma longa parte apolar e uma parte polar na extremidade de sua estrutura (Figura 2). Essas substâncias recebem tal nome por alterarem a tensão superficial do solvente em que se encontram. Existem diversas classes químicas de surfactantes (Figura 3).

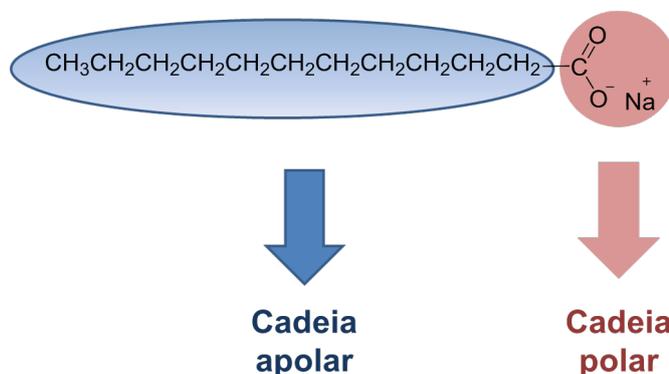


Figura 2 – Estrutura molecular de um surfactante. No caso, o ácido láurico.

Aniônicos: apresentam um grupo polar com carga negativa.

Catiônicos: apresentam um grupo polar com carga positiva.

Não-iônicos: não apresentam grupos polares com cargas. Têm grupos polares neutros.

Anfóteros: apresentam dois grupos polares em regiões distintas da estrutura: um grupo polar com carga positiva e outro com carga negativa.

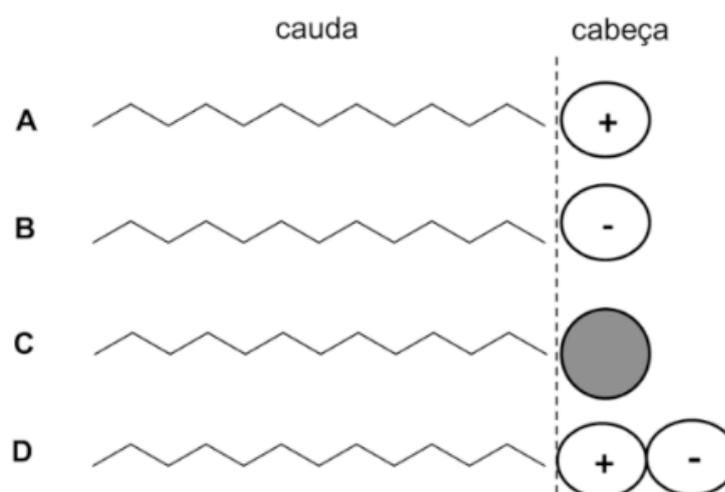


Figura 3 – Representação esquemática de surfactantes (A) catiônicos; (B) aniônicos; (C) não-iônicos; (D) anfóteros.

Quando um surfactante é adicionado em água, sua parte polar fica mais próxima das moléculas de água (hidrofílica), enquanto a parte apolar tende a ficar mais afastada (hidrofóbica), buscando minimizar a repulsão entre os grupos hidrofóbicos e a água. Ao aumentar a concentração do surfactante, formam-se estruturas agregadas como dímeros, trímeros, tetrâmeros etc. Ao atingir uma concentração específica, chamada de concentração micelar crítica (c.m.c), esses agregados se reordenam formando estruturas tridimensionais chamadas de micelas (Figura 4). O valor de c.m.c. depende da estrutura molecular do surfactante, da temperatura e da composição do meio.

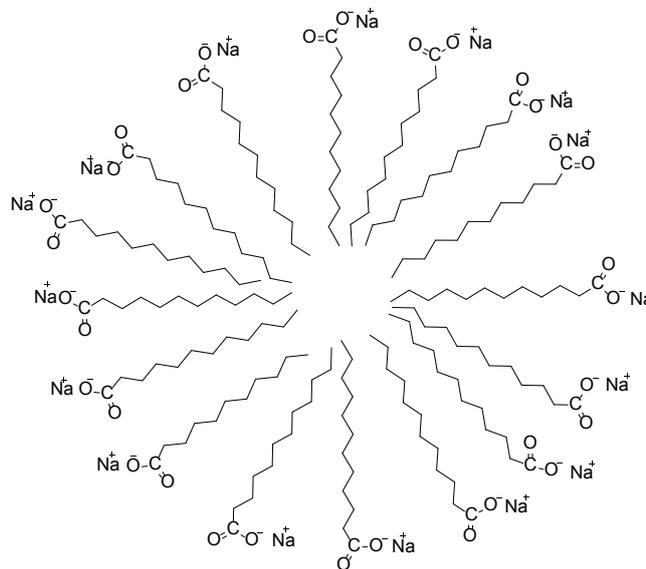


Figura 4 - Estrutura de uma micela esférica constituída por surfactantes com cadeia alquílica de 12 carbonos e grupo polar carboxilato.

Nas micelas, as partes apolares ficam aglomeradas para o interior e as partes polares para o exterior. Embora possam apresentar vários formatos, o mais comum deles é o esférico. Essas estruturas são dinâmicas, formando-se e desfazendo-se continuamente, em equilíbrio dinâmico. Assim, quando a gordura (apolar) encontra uma micela, ela é aprisionada em seu interior sendo arrastada pela água e promovendo a limpeza, processo de detergência.

Tradicionalmente, relaciona-se a quantidade de espuma formada ao poder de limpeza do sabão, mas, na realidade, as espumas apenas auxiliam no processo. A indústria se aproveita da falta de conhecimento químico do consumidor para iludi-lo. Aliás, ela lança mão de muitos artifícios para conquistar o consumidor, como a adição de substâncias que fazem mais espuma (espumantes), outras que tornam o detergente mais “concentrado” (espessante) ou tornam a “roupa mais branca” (branqueadores ópticos).

2.2 Diferenças entre sabões e detergentes

Tanto sabões quanto detergentes (Figura 5) apresentam propriedades de detergência, de ação de limpeza. Porém, sabões são substâncias orgânicas naturais, derivadas de ácidos graxos e que apresentam característica aniônica em meio aquoso devido aos grupos carboxilatos. Por outro lado, detergentes apresentam substâncias sintéticas derivadas do petróleo e que podem apresentar grupos polares diversos: aniônicos, catiônicos, não-iônicos ou anfótero.

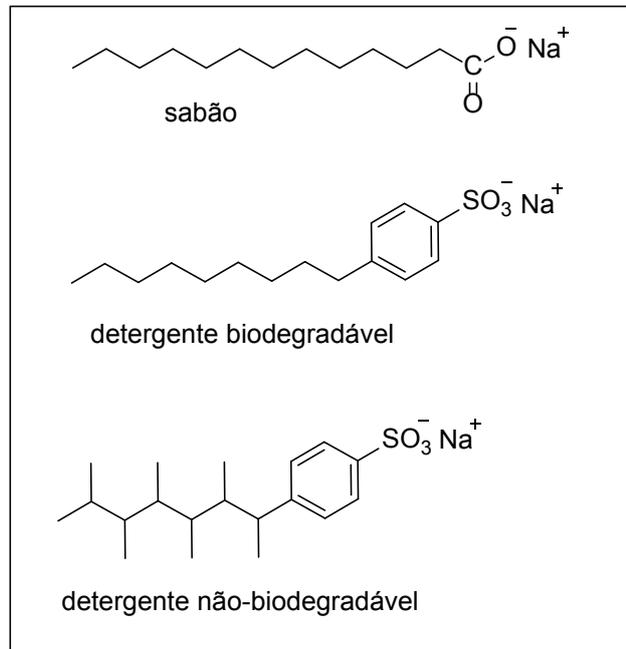


Figura 5 - Estruturas de surfactantes biodegradáveis e não-biodegradáveis.

Sabões são considerados produtos biodegradáveis, ou seja, facilmente degradados por microorganismos presentes no meio ambiente. Isso ocorre porque eles apresentam estrutura orgânica alquílica linear, facilmente acessível para degradação aeróbia. O fato de sabões serem considerados biodegradáveis não significa que eles não causem impactos ambientais, mas sim que tais impactos são menores em relação aos surfactantes de cadeia ramificada.

Uma importante limitação com relação ao uso de sabões consiste na sua atuação em águas duras devido à formação de produtos insolúveis, o que impede a formação de micelas e, por consequência, a ação de detergência. Águas duras são aquelas que contêm elevadas concentrações de cátions divalentes e trivalentes, principalmente de Ca²⁺ e Mg²⁺, acima de 150 mg/L. Quando da presença de sais de ácidos graxos, ocorre a formação de sais de ácidos graxos insolúveis, como exemplificado pela Eq. 1.



Outra ação limitante consiste no uso de sabões em meios ácidos devido à transformação dos sais em ácidos graxos livres, como apresentado na Eq. 2:



A formação de ácidos graxos livres ocorre pela substituição do contra-íon sódio pelo íon hidrogênio, resultando na forma ácida molecular, insolúvel em água. Visualmente, observa-se o aspecto oleoso do sabão.

2.3 Reação de saponificação

Óleos e gorduras são constituídos por triacilgliceróis, nome genérico para triésteres derivados de ácidos graxos. Eles são insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos como álcool, éter e clorofórmio. Os triacilgliceróis sofrem reação de hidrólise em meio básico, conhecida como saponificação, talvez uma das reações químicas mais antigas de que se tem notícia. Os produtos são sais de ácidos graxos insolúveis, constituintes do sabão e glicerol (Figura 6).

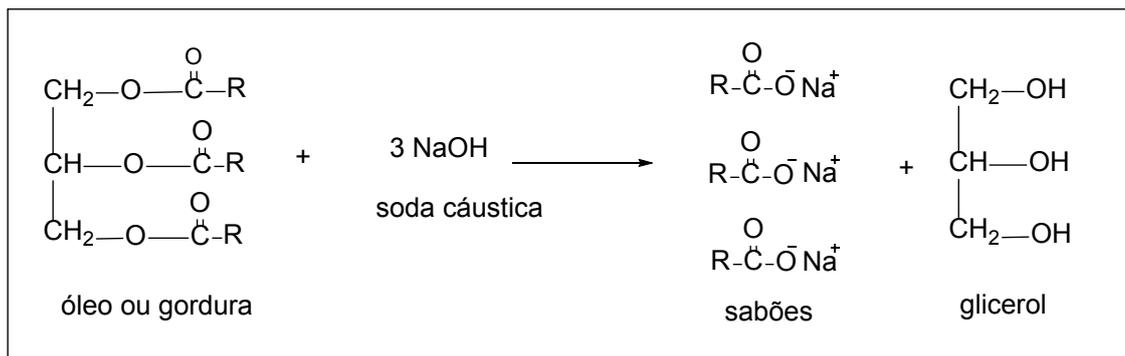


Figura 6 - Esquema da reação de saponificação.

No processo tradicional de produção de sabão, misturam-se os óleos ou gorduras fundidas com solução álcali de hidróxido de sódio e a mistura é aquecida até a hidrólise completa dos triglicérides. Então, adiciona-se solução de sal para que se diminua a solubilidade do sabão em água, no efeito *salting-out*, a fim de precipitá-lo. A reação ocorre em três etapas nas quais, gradualmente, o triglicerídeo hidrolisa-se em diglicerídeo, monoglicerídeo e glicerol.

Diversos aspectos influenciam a qualidade do sabão obtido, tais como o rendimento da reação de saponificação, o controle de pH, a qualidade do álcali e a temperatura. Sabões produzidos a partir de hidróxido de sódio (soda cáustica) são conhecidos como “sabões duros”, enquanto que os fabricados a partir de hidróxido de potássio são conhecidos como “sabões moles”. O produto final deve ser básico o suficiente para garantir que não há resíduos de ácidos graxos livres, mas não demasiadamente a ponto de provocar ressecamento da pele, como na presença de álcalis livres. Além disso, o processo de saponificação em geral não é realizado em temperaturas muito elevadas a fim de evitar que compostos insaturados sejam oxidados muito facilmente. Comumente, o glicerol é removido da mistura por reter muita água, mas, mesmo assim, sabões apresentam de 10% a 30% de água, o que é necessário para facilitar a solubilização em água.

As matérias-primas comuns para a fabricação do sabão não são puras, mas sim misturas de triglicérides de diversos tipos de cadeias carbônicas. As características dos ácidos graxos obtidos dependem da fonte vegetal ou animal utilizada. No Quadro

1 é apresentada a composição percentual comum de fontes utilizadas. Com essa composição, podem-se planejar as características dos sabões desejados.

Quadro 1 - Composição típica de ácidos graxos obtidos da hidrólise de óleos e gorduras naturais comuns em uso doméstico, em porcentagem.

Ácidos graxos	Nome	Símbolo*	T _f (°C)	Coco	Sebo	Palma	Milho	Soja	Canola
Saturados	Caprílico	C8:0	16,7	7	-	-	-	-	-
	Cáprico	C10:0	31,0	8	-	-	-	-	-
	Laurílico	C12:0	43,9	48	-	-	-	-	-
	Mirístico	C14:0	54,1	17	2	1	-	-	-
	Palmítico	C16:0	62,7	9	35	46	12	11	4
	Esteárico	C18:0	69,9	2	16	4	2	4	2
Insaturados	Oleico	C18:1	13,4	6	44	38	27	25	63
	Linoleico	C18:2	-5,0	3	2	10	57	51	22
	Linolênico	C18:2	-10,0	-	-	-	1	8	9

* Relação número de carbonos e duplas ligações.

Para os ácidos saturados apresentados no Quadro 1, verifica-se que a maior parte dos ácidos graxos apresentados se encontra no estado sólido em temperatura ambiente. Além disso, verifica-se aumento do ponto de fusão conforme aumento da cadeia carbônica. Isso ocorre pelo aumento das interações intermoleculares de Van der Waals devido ao empacotamento das cadeias carbônicas.

Os pontos de fusão dos ácidos graxos insaturados são menores do que os de ácidos graxos saturados com cadeias orgânicas de mesmo comprimento. Comumente, ácidos graxos saturados de 12 a 24 átomos de carbono são sólidos em temperatura ambiente, enquanto que ácidos graxos insaturados de cadeias orgânicas semelhantes são líquidos e oleosos. Insaturações tornam as interações intermoleculares mais fracas, favorecendo que estes ácidos graxos se encontrem preferencialmente no estado líquido.

O glicerol é um subproduto da reação de saponificação. Trata-se de um líquido espesso, higroscópico, de textura gelatinosa e que possui baixo ponto de fusão (17,8 °C) e alto ponto de ebulição (290 °C). É um composto de grande utilidade especialmente para as indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia por ser usado como umectante em cremes e produtos de beleza e também para a manutenção da

umidade dos alimentos.

3 | PROPOSTA ECOLÓGICA PARA A PRODUÇÃO DE SABÃO

3.1 Poluição Ambiental de Óleos e Gorduras

Óleos e gorduras são considerados insolúveis em água, sendo que os óleos podem ter origem tanto animal, vegetal ou mineral, enquanto as gorduras podem ser de origem animal e vegetal. A diferença entre eles é o estado físico em que se encontram abaixo da temperatura de 20°C. Gorduras são sólidas, enquanto óleos são líquidos, segundo a Resolução nº 20/77 do CNNPA – Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos.

O consumo de óleos na alimentação é uma prática bastante usual e que demanda a produção de cerca de 9,0 bilhões de litros de óleo de cozinha. Diariamente, enormes quantidades de resíduos de óleos e gorduras são geradas em ambientes domésticos e industriais, advindos da preparação de alimentos em geral. Embora não existam estatísticas oficiais quanto ao percentual de resíduos de óleo de cozinha, esse material é ainda pouco reaproveitado. Ainda hoje, a maior parte da população não sabe como descartar esses resíduos, o que resulta no despejo inadequado e prejudicial ao meio ambiente. Os possíveis danos causados por óleos e gorduras atingem especialmente a água, solo e biota.

Dessa forma, em contato com o meio aquoso, ocorre a formação de sistema heterogêneo de duas fases. Como o óleo apresenta densidade menor que a da água, a fase orgânica fica na parte superior, criando uma película protetora. Sob agitação, ocorre a dispersão mecânica do óleo em água, a qual é instável e rapidamente se desfaz.

O lançamento de resíduos de óleos e gorduras diretamente em pias pode provocar o entupimento de canos e tubulações devido ao acúmulo desse material insolúvel em água. Lentamente, ocorre a degradação microbiana desse material, promovendo a formação de gases como metano, gás sulfídrico, amônia, dentre outros, que comumente são fétidos e contribuem para o aquecimento global. Em caso de vazamentos, esses resíduos podem atingir lençóis freáticos. Há dados de que um litro de óleo pode contaminar cerca de um milhão de litros de água. Esta quantidade de água é equivalente à utilizada por um indivíduo durante quatorze anos. A destinação de óleos e gorduras para as estações de tratamento de esgoto também dificulta o tratamento do esgoto convencional. Se o material apresentar baixa solubilidade, quando em excesso, poderá haver dificuldade de degradação em processos biológicos. E, se o material tiver baixa densidade, haverá a formação de um filme impedindo a transferência de oxigênio do ar para a água, conseqüentemente, aumentando o teor de matéria orgânica no corpo d'água. Estima-se que a demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$) do óleo de fritura seja de 1.500.000 mg/L, enquanto a do esgoto

bruto de 200 a 400 mg/L.

Uma abordagem para minimizar esse problema consiste na adoção de caixas de gordura localizadas nas saídas de pias. Elas podem ser confeccionadas em alvenaria com revestimento argamassado e com tampa que permita fechamento e remoção para manutenção. Outra opção envolve a instalação de caixas prontas em PVC (cloreto de polivinila). Em ambos os casos, deve-se dimensionar o volume da caixa seguindo as normas vigentes. Nessas caixas, semelhantes a uma fossa ou tanque séptico, microorganismos irão decompor a matéria orgânica, porém a uma velocidade muito menor em relação à entrada de mais material. Por isso, deve-se remover periodicamente o lodo como forma de manutenção. De qualquer modo, a destinação desse resíduo em aterros sanitários ainda se constitui em problema ambiental.

Em corpos d'água, verifica-se a formação de uma fina película sobre a água, o que ocasiona a obstrução da entrada dos raios solares e do gás oxigênio, modificando o ambiente aquático e trazendo muitos prejuízos, como a morte da fauna e flora aquáticas. De modo semelhante, o óleo pode se infiltrar no solo até os lençóis freáticos, contaminando-o ou deixando-o impermeável, dessa forma aumentando o risco de enchentes.

3.2 Produção de Sabão

3.2.1 Fundamentação

Algumas abordagens vêm sendo propostas por universidades, ONGs e setores industriais para que haja reciclagem e reaproveitamento de resíduos de óleos e gorduras, tais como na produção de biocombustíveis (em especial do biodiesel) e aditivos em rações animais, além da produção ecológica de sabão.

A produção ecológica de sabões envolve a reutilização de óleos, garantindo uma destinação ambientalmente sustentável. Trata-se da transformação de um resíduo ambientalmente problemático em um produto de fácil utilização doméstica, o qual apresenta maior biodegradabilidade e menor tempo de ciclo de vida em relação ao resíduo, garantindo, assim, a sustentabilidade do processo (Figura 7).

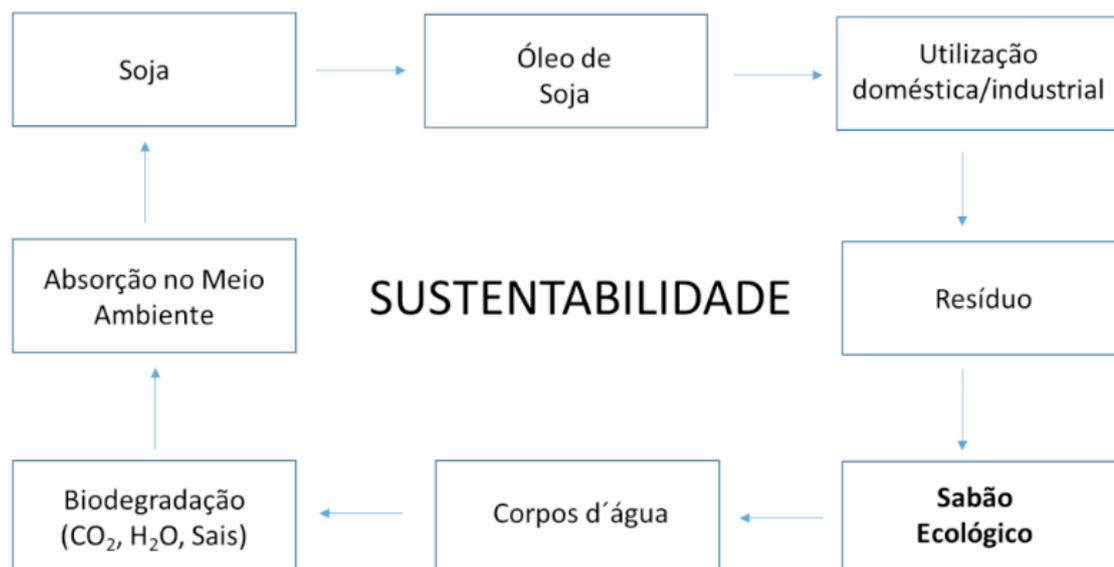


Figura 7 - Esquema do ciclo de óleos e o sabão ecológico, exemplificado para o óleo de soja.

3.2.2 Normas de segurança na produção de sabão

Por se tratar de um processo que envolve produtos químicos, a produção artesanal de sabão deve ser realizada seguindo normas de segurança adequadas para minimizar possíveis acidentes:

- Trabalhe sempre em lugares ventilados para evitar inalar cheiros fortes;
- Leia sempre os rótulos dos produtos químicos, observando o prazo de validade;
- Todas as matérias primas devem ser acondicionadas fora do alcance de crianças e animais domésticos;
- Use luvas ao manusear produtos químicos, pois pode haver ressecamento das mãos ou queimaduras no manuseio da soda cáustica;
- Mantenha a soda cáustica protegida da umidade devido à sua transformação em líquido em contato com água;
- A mistura de soda cáustica em água deve ser realizada em pequenas porções e sob agitação;
- Não usar objetos metálicos para agitar soluções de soda cáustica;
- Em caso de acidentes como ingestão, contato com a pele e/ou olhos, verifique os procedimentos indicados pelo rótulo da embalagem e procure um médico;
- Cuidado com corantes, pois eles podem manchar a pele e as roupas;
- Ao fabricar quaisquer produtos de limpeza em casa, identifique-os e mantenha-os afastados de crianças e animais domésticos.

3.2.3. Formulações

Um sabão bem formulado deve espumar mesmo em água fria, ter cheiro agradável, formar espuma de cor branca e não deixar as mãos ressecadas. Além disso, deve ser firme e apresentar aspecto homogêneo. A seguir, serão apresentadas duas formulações de sabão de fácil preparação em escala doméstica, com a utilização de óleo de cozinha usado. Para a medição de volumes pequenos de óleo e água podem ser usados copos plásticos graduados.

3.2.3.1 Formulação do sabão em barra – grande quantidade

Procedimento:

- Colocar 2 L de água em um recipiente de plástico grande, por exemplo um balde;
- Adicionar lentamente 1 kg de soda cáustica em escamas mexendo com uma colher de madeira para que todo o material sólido se dissolva;
- Adicionar lentamente 6 L de óleo usado, previamente filtrado. Mexer durante todo o processo para obter uma mistura homogênea;
- Acrescentar 30 mL de essência oleosa (opcional);
- Mexer por aproximadamente mais 15 minutos;
- Verter a mistura em recipiente de plástico para a secagem por um período de pelo menos 7 dias;
- Cortar em quadrados no tamanho desejado.

3.2.3.2 Formulação de sabão – pequena quantidade

PROCEDIMENTO:

- Colocar 170 mL de água em um recipiente de plástico, por exemplo, uma jarra.
- Adicionar lentamente 85 g de soda cáustica em escamas mexendo com uma colher de madeira para que todo o material sólido se dissolva;
- Filtrar 650 mL de óleo usado em um recipiente preferencialmente de plástico;
- Adicionar lentamente a solução de soda cáustica ao óleo;
- Agitar a misturar continuamente por 3 minutos;
- Transferir a pasta formada para um recipiente de plástico;
- Deixar descansar até a solidificação por pelo menos 1 hora;
- Cortar o material no tamanho desejado.

3.2.3.3 Considerações

Nas duas formulações apresentadas, a saponificação ocorre em temperatura média de 40°C, devido ao calor liberado pela própria reação, que é exotérmica. Muitas formulações envolvem o uso de calor para melhorar o contato entre os reagentes e aumentar o rendimento da produção. Além disso, a glicerina formada como produto da reação se mistura com a massa pastosa, contribuindo com o poder umectante do produto.

Em algumas outras formulações é bastante comum a utilização de álcool para aumentar a velocidade da reação de saponificação devido à solubilização da matéria graxa e para melhorar a transparência do produto. Recomenda-se nesse caso, que o álcool seja de concentração acima de 90%. Também é recomendado que a utilização do álcool ocorra sem aquecimento para evitar acidentes.

Visando melhorar a aparência do sabão formado, corantes e essências podem ser utilizados no final do processo (Figura 8). Recomenda-se utilizar apenas algumas gotas de corantes para que o produto não tenha coloração muito intensa e, também, o uso de essências oleosas para garantir que não haja dissolução excessiva do sabão. Com relação às essências, recomendam-se as oleosas, em dosagem de 5 mL por 1 L de óleo.



Figura 8 - Sabão ecológico de secagem rápida.

Dessa forma, a utilização de resíduos de óleos de cozinha para a produção de sabão é uma alternativa sustentável pra o reaproveitamento desse resíduo, o que contribui com a diminuição de impactos ambientais. Ademais, o custo de produção é baixo, o que viabiliza ainda mais o reaproveitamento desse material. Reitera-se que as formulações apresentadas podem ser aplicadas em quantidades grandes, mas também em pequenas, o que evita que óleos usados sejam acumulados sistematicamente por muito tempo antes da produção do sabão.

REFERÊNCIAS

ALBERICI, R. M.; PONTES, F. F. F. **Reciclagem de óleo comestível usado através da fabricação de sabão**. Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.073 -076, jan. /dez., 2004.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 270. **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e cremes vegetais**, de 22 de setembro de 2005. Brasília – DF.

BERKENBROCK, Paulo Egydio. **Projeto óleo de cozinha**. Disponível em: <http://www.sc.senac.br/talento/projetospremiados/2009/tec_3.pdf>. Acesso em: 18 Out. 2018.

BORSATO, Dionísio; MOREIRA, Ivanira; GALÃO, Olívio Fernandes. **Detergentes Naturais e Sintéticos: Um guia técnico**. 2. ed. Londrina: Eduel, 2004.

DALTON, Décio. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

FELIPE, Lorena de Oliveira; DIAS, Sandra de Cássia. Surfactantes Sintéticos e biosurfactantes: vantagens e desvantagens. **Química Nova na Escola**, v. 39, n.3. p. 228-236. 2007.

FÉLIX, Sandra; ARAÚJO, Joana; PIRES, Ana Maria; SOUSA, Ana Cláudia. Soap production: A green prospective. **Waste Management**, v. 66; p. 190-195, 2017

FONSECA, H; GUTIERRE, L. E. Composição em ácidos graxos d e óleos vegetais e gorduras animais. **Anais da ESALQ**, v. 31, p. 485-490, 1974.

GAUTO, Marcelo; ROSA, Gilber. **Química Industrial**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

GUIMARÃES, Cláudia Maria Duarte de Sá. **Sabonetes e xampus de uso dermatológico e cosmético**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2007.

HORNSEY, Sally. **How to make your own soap: in traditional bars, liquid or cream**. London: How to Books, 2014.

MELLO, Ribeiro de. **Como fazer sabões e artigos de tocador**. 10. ed. Coleção ciência e tecnologia ao alcance de todos. São Paulo: Ícone, 2008.

MÓL, Gerson de Oliveira; BARBOSA, André Borges; SILVA, Roberto Viera. Água dura, sabão mole. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 32-33, 1995.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual da Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15. 2013.

RITNER, H. **Sabão: Tecnologia e utilização**. 1. ed. São Paulo: Câmara Brasileira Dom Livro, 1995.

SANTOS, Renato de Souza. **Gerenciamento de resíduos: coleta de óleo de cozinha**. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Logística, Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

SHREVE, Randolph Norris; BRINK, Joseph Andrew. **Indústria de processos químicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1997.

SIMMONS W. H.; APPLETON, H. A. **The Handbook of Soap Making**. London: Scott Greenwood and Son, 1908.

SPITZ, Luis. **Soap Manufacturing Technology**. Oxford: Elsevier, 2016.

ZANIN, S. M. W.; MIGUEL, M. D.; BUDEL, J. M.; DJALMAZ, A. C. Desenvolvimento de sabão base transparente. **Revista Visão acadêmica**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 19-22. 2001

ZUCATTO, Luis Carlos; WELLE, Iara; da SILVA, Tania Nunes. Cadeia reversa do óleo de cozinha: coordenação, estrutura e aspectos relacionais. **Revista de administração de empresas FGV-EAESP**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 442-453, 2013.

PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE QUEIMA E, INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO, EM UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ

Magda Tayane Abraão de Brito

Engenheira Ambiental. Universidade do Estado do Pará. E-mail: magda_tayane@hotmail.com

Rayssa Bezerra Silva

Engenheira Ambiental. Universidade do Estado do Pará. E-mail: engrayssa@gmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará. E-mail: jrecobio@yahoo.com.br

RESUMO: O ramo da construção civil é o maior consumidor das indústrias de cerâmica vermelha produtoras de tijolos, telhas e lajotas, as quais geram quantidades consideráveis de resíduos durante o processo produtivo. O artigo teve como objetivo elaborar uma Proposta de PGRS nas etapas de queima e, inspeção e classificação em uma indústria de cerâmica vermelha situada na Rodovia Transamazônica, km 08, Vila São José, Marabá-Pará. A metodologia adotada foram pesquisa bibliográfica, realização de visitas *in loco*, acompanhamento das etapas de queima e, inspeção e classificação para cada um dos 8 fornos, identificação dos resíduos gerados, classificação dos resíduos segundo a ABNT NBR 10004:2004 e levantamento quantitativo destes resíduos. Os dados obtidos e analisados indicaram que os resíduos identificados nas etapas de queima e, inspeção e classificação

foram os provenientes da quebra dos produtos pós-queima e, cinzas geradas da combustão incompleta do pó de serragem utilizado como combustível nos fornos. Logo, há necessidade da elaboração da Proposta de PGRS para indústria e foi constatado que sua aplicação é de suma importância para prevenir a geração de resíduos, garantir a adequada destinação dos mesmos e contribuir para redução de custos e desperdícios, benefícios tanto no meio econômico quanto social e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Cerâmica Vermelha. Gerenciamento. Resíduos Sólidos

ABSTRACT: The construction industry is the largest consumer of the red ceramic industries producing bricks, tiles and tiles, which generate considerable amounts of waste during the production process. The purpose of this paper was to elaborate a PGRS Proposal on the burning, inspection and classification stages in a red ceramic industry located on the Transamazon Highway, km 08, Vila São José, Marabá-Pará. The methodology used was bibliographic research, on-site visits, follow-up of the burning stages, and inspection and classification for each of the eight furnaces, identification of the generated residues, classification of residues according to ABNT NBR 10004: 2004 and quantitative survey of these residues. The data

obtained and analyzed indicated that the residues identified in the stages of burning and, inspection and classification were those resulting from the breakdown of the products after burning and the ash generated by the incomplete combustion of the sawdust powder used as fuel in the furnaces. Therefore, it is necessary to elaborate the PGRS Proposal for industry and it was verified that its application is of paramount importance to prevent the generation of waste, to guarantee its proper destination and to contribute to the reduction of costs and waste, benefits both in the economic environment and social and environmental.

KEYWORDS: Red Ceramic. Management. Solid Waste.

1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde a Revolução Industrial no século XVIII, o processo de desenvolvimento tecnológico mundial acelerou, o que ocasionou o aparecimento de novos produtos e, conseqüentemente, a elevação da geração de resíduos oriundos dos mesmos. Nesse contexto, a geração de Resíduos Sólidos (RS) nas diversas atividades humanas é um dos maiores problemas enfrentados pela sociedade. A geração anual mundial de resíduos é em torno 400 milhões de toneladas, entretanto, 80% deste total poderia ser reaproveitado (MASTELLA, 2007; REIS, 2009).

Dentre esses resíduos destacam-se os produzidos pela indústria de construção civil, os chamados Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RSCD), cuja geração está relacionada ao desperdício de materiais na concretização dos empreendimentos. A indústria da construção civil é a maior consumidora das indústrias de cerâmica vermelha produtoras de tijolos, telhas e lajotas, as quais geram quantidades consideráveis de resíduos durante o processo produtivo que não são gerenciados adequadamente pelas empresas e acabam sendo dispostos de modo incorreto nas áreas dos próprios empreendimentos (MARQUES NETO, 2005; MARTINS, 2014).

Em função disso, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos é um instrumento da Lei 12.305:2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), a qual dispõe os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (incluídos os perigosos), as responsabilidades dos geradores e do poder público. O PGRS é uma metodologia esquematizada com o intuito de propor melhorias e minimização na geração de resíduos a partir da aplicação de técnicas ambientalmente corretas de acondicionamento, armazenamento, transporte e disposição final. Trata-se de um modo de atender as legislações ambientais vigentes, e obter o desenvolvimento sustentável através da garantia da qualidade de vida da população e do meio ambiente (BRASIL, 2010; SOMAVILLA, 2013).

Desse modo, a presente proposta apresenta grande relevância para o

gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nas etapas de queima e, inspeção e classificação em uma indústria de cerâmica vermelha no município de Marabá-Pará, pois, são etapas que mais geram resíduos e determinam desequilíbrio ambiental.

2 | OBJETIVO

Propor um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para as etapas de queima e, inspeção e classificação em uma indústria de cerâmica vermelha localizada no município de Marabá-Pará, pois foram as etapas identificadas como as maiores geradoras de resíduos.

3 | REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Indústria de Cerâmica Vermelha - Breve Histórico

Etimologicamente, a palavra cerâmica tem origem no Grego “*kéramos*”, “terra queimada” ou “argila queimada”, é um material de imensa resistência, sendo frequentemente encontrado em escavações arqueológicas (SECTMA, 2010).

Quanto a produção, a cerâmica é o material artificial mais antigo fabricado pelo homem e existe a cerca de 10.000 a 15.000 anos, porém, o uso pelo homem teve início na Pré-História, quando o homem saiu das cavernas e se tornou um agricultor, e necessitava não apenas de um abrigo, mas de recipientes para armazenar a água, os alimentos colhidos e as sementes para a próxima safra, para tanto, passaram a produzir vasos de barro, sem asa, que tinham cor de argila natural ou eram escurecidas por óxidos de ferro (FeO) (FEAM, 2012).

No contexto nacional, o registro de uso da cerâmica teve início na Ilha de Marajó, no estado do Pará. A cerâmica marajoara tem sua origem na avançada cultura indígena que floresceu na ilha. Entretanto, estudos arqueológicos indicam a presença de uma cerâmica ainda mais simples, encontrada na região amazônica e datada de aproximadamente 5.000 anos atrás (ANFACER, 2011).

Quanto ao contexto regional, nota-se que o ramo da indústria de cerâmica vermelha, também conhecida como cerâmica estrutural, está localizada em regiões específicas devido à combinação de fatores como: matéria-prima, disponibilidade de energia, transporte e mercado consumidor. Especificamente no Estado do Pará, nas regiões Oeste, Sul e Nordeste (MAGNO, 2014) sob o ponto de vista tecnológico e industrial, existem grandes reservas a serem exploradas com racionalidade e melhor aproveitamento (BETINI; ICHIHARA, 2007).

Tais reservas atendem ao crescimento da construção civil, por isso, a indústria das cerâmicas vermelhas evoluiu numericamente e, atualmente, há aproximadamente 6.903 Cerâmicas e Olarias conhecidas no Brasil (ANICER, 2013). Entre esses números, destacam-se: 63% ou 4.346 fábricas de blocos e/ou tijolos que mensalmente

produzem 4 bilhões de blocos/tijolos e consomem um total 7,8 milhões de toneladas de argila; 36% ou 2.547 fábricas de telhas, que geram 1.3 bilhão de telhas e requerem um total de 2,5 milhões de toneladas de argila; e 0,1% ou 10 fábricas de tubos que produzem aproximadamente 325,5 km² de tubos cerâmicos (IBGE, 2008).

Nesse contexto, sob o ponto de vista econômico, a indústria da cerâmica vermelha destaca-se pela geração de bens de consumo e serviços de outros setores e, do ponto de vista social, pela absorção da mão de obra (SINDICERTO, 2005). Entretanto, no ponto de vista ambiental, este segmento industrial durante o processo produtivo gera quantidade significativa de resíduos sólidos que necessitam de um PGRS adequado (MARTINS, 2014).

3.2 Matéria-Prima – Argila

A argila é uma matéria prima com textura terrosa, granulometria fina, composta principalmente por argilominerais, sendo os principais a caulinita, illita e esmectitas (Montmorilonitas), os quais são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, entretanto, dependendo da região podem conter ferro, potássio e lítio em sua composição. A presença desses elementos ocorre devido às condições físicas e químicas do solo, e as condições climáticas. A estrutura dos argilominerais na presença de água denota características cruciais para a fabricação de cerâmica (retração linear de secagem plasticidade, viscosidade, compactação (IBGE, 2007).

3.3 Etapas de Produção da Indústria de Cerâmica Vermelha

O processo de produção da indústria de cerâmica vermelha (Figura 1) é constituído por 13 etapas: (1) extração de matéria prima; (2) desintegração ou destorroamento; (3) dosagem e alimentação; (4) mistura; (5) laminação; (6) extrusão ou moldagem; (7) corte; (8) prensagem; (9) secagem; (10) queima; (11) inspeção e classificação, (12) estocagem ou armazenamento; (13) comercialização (ANICER, 2014).



Figura 1- Fluxograma do processo de produção da indústria de cerâmica vermelha

Adaptado a partir do original contido em: ANICER, 2014.

A etapa de queima ocorre em temperaturas de 800° C a 1.000° C, onde todo o ciclo que compreende as fases de aquecimento, manutenção de temperatura máxima e resfriamento até 200°C, dependendo da tecnologia empregada e da tipologia do produto, pode variar. Esta é uma das principais etapas do processo de produção dos produtos cerâmicos, durante a qual as peças, além de passarem por algumas modificações físico-químicas (redução de massa, formação de outras fases cristalinas, desenvolvimento de fase *vítrea* e a sinterização dos grãos), também adquirem estabilidade dimensional, resistência ao fogo, resistência mecânica, etc. (FIEMG, 2013).

3.4 Resíduos Sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define resíduo sólido como os restos de atividades humanas, considerados sem utilidade, indesejáveis ou, descartáveis pelos geradores. Apresentam-se sob estado sólido, semissólido ou, semilíquido com conteúdo líquido insuficiente para que este possa fluir livremente (BRASIL, 2004).

A Resolução CONAMA nº 313:2002 define Resíduo Sólido Industrial como todo o resíduo resultante de atividades industriais que esteja nos estados sólido, semissólido, gasoso (quando contido), lodos (originários de sistemas de tratamento de água, equipamentos e instalações de controle de poluição) e, líquido cujas características impossibilitem seu lançamento nos corpos d'água ou rede pública de esgotos, o que torna necessárias soluções técnicas e economicamente inviáveis mediante a melhor tecnologia (). Os resíduos industriais são os resíduos gerados pelas atividades industriais, sendo os geradores responsáveis sempre pelo gerenciamento, transporte,

tratamento e disposição final dos mesmos (BRASIL, 2002; SOMAVILLA, 2013).

3.5 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305:2010, define no art. 3º, Gerenciamento de Resíduos Sólidos como o conjunto de ações direta ou indiretamente exercidas, nas fases de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final apropriada dos resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrólidos ou com o PGRS exigidos na forma da referida lei. Essa Lei estabelece no artigo 20 que os geradores de resíduos industriais devem elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

3.6 Aspectos Legais e Normativos

Atualmente, o ramo da cerâmica vermelha brasileira visa a oferta de produtos ambientalmente corretos e responsabilidade social atendendo a legislação vigente no País a fim de minimizar os impactos ao meio ambiente (ANICER, 2014). São quatorze aspectos legais e normativos pertinentes a indústria de cerâmica vermelha (Quadro 1).

ANO	ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS	CONTEÚDO
1978	Lei Federal nº 6.567	Dispõe sobre o regime especial para exploração de argilas usadas na fábrica de cerâmica vermelha que podem ser exploradas pelo Regime de Licenciamento satisfeito dentre outras exigências a Licença Ambiental expedida pelo órgão ambiental do meio ambiente.
1981	Lei nº 6. 938	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
1986	Resolução CONAMA nº 001	Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos de Política Nacional do Meio Ambiente.

Quadro 1: Aspectos Legais e Normativos. Continua...

ANO	ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS	CONTEÚDO
1989	Decreto Federal nº 97.632	Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.
1990	Resolução CONAMA nº 10	Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II.
	ABNT NBR 11.174	Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes.
1995	Lei Estadual nº 5.887	Cria o Sistema e a Política Estadual do Meio Ambiente no Estado do Pará e dá outras providências.
	Lei Federal nº 8.982	Dá nova redação ao art. 1º da Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978, alterado pela Lei nº 7.312, de 16 de maio de 1985.
1997	Resolução CONAMA nº 237	Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
1998	Lei Federal nº 9.605	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
1999	Decreto Presidencial nº 3.179	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
2002	Resolução CONAMA nº 313	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
2004	ABNT NBR 10.004	Trata da Classificação dos Resíduos Sólidos.
2010	Lei nº 12.305	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Quadro 1 – Aspectos legais e Normativos. Conclusão.

Adaptado a partir dos links consultados conforme referências

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização E Caracterização da Área de Estudo

O empreendimento objeto da presente pesquisa é uma empresa do ramo de fabricação de cerâmica vermelha, situada na Rodovia Transamazônica, km 08, Vila São José, Marabá-Pará, com as coordenadas 05°21'51,374" S e 049°11'12,589" W (Figura 2). Trata-se de uma fábrica de tijolos, telhas e lajotas, cujo período de produção é de 8 horas/dia, 24 dias/mês e 12 meses.

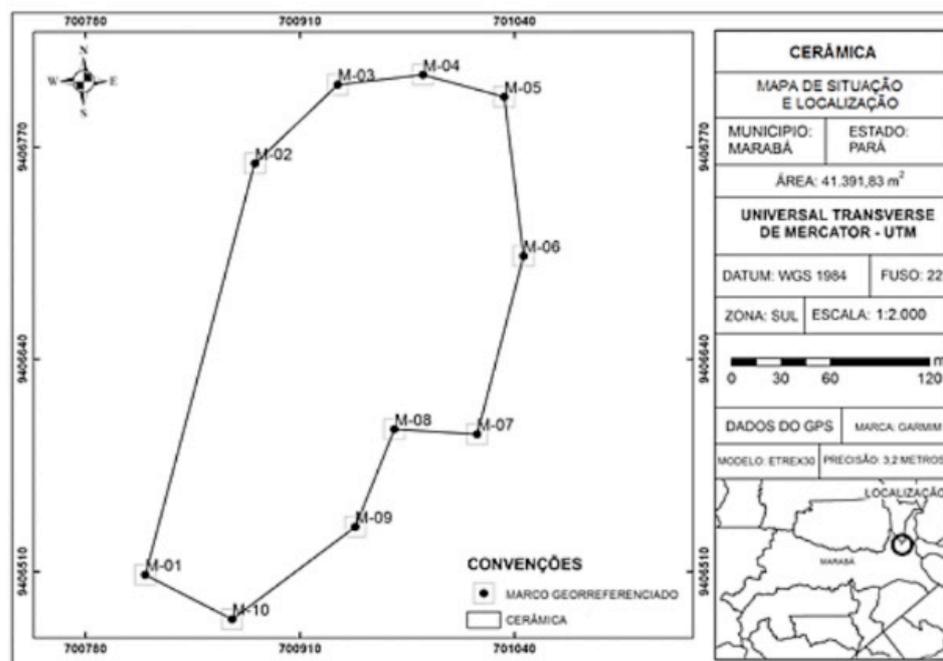


Figura 2. Mapa de situação e localização do empreendimento. Marabá -PA.

Fonte: autores (2015).

A área total destinada à industrialização da argila para a fabricação de cerâmica vermelha corresponde a 28.000 m², sendo 4.792,44 m² constituídos por um galpão aberto, construído em padrões compatíveis para tal atividade, ou seja, mista (metálica e alvenaria), onde ocorre a transformação da argila em cerâmica vermelha em 8 fornos utilizados para a queima das mesmas. Quanto a circunvizinhança da área do empreendimento, ela é composta por outra empresa também do ramo de cerâmica vermelha e dois depósitos de argila, a céu aberto. Porém, a maior parte constitui-se de residências e propriedades rurais de pequeno porte.

4.2 Métodos

Utilizou-se a metodologia observativa, sistemática, direta e dedutiva que foi complementada com pesquisa bibliográfica (teses, dissertações, livros, periódicos, *compact disc* – cd; *Digital Versatile Disc* - DVD's; , *links* eletrônicos, etc.) cujos temas apresentaram similaridades com o desse estudo.

4.3 Quantificação e Informações A Respeito Dos Resíduos Sólidos Gerados Nas Etapas de Queima e, Inspeção e Classificação

A quantificação dos resíduos gerados a partir dos materiais cerâmicos foi realizada para cada um dos 8 fornos, em 4 fases:

1) Resíduo Sólido do Produto (n), através da diferença entre a quantidade de cada produto que entrou nos fornos (1 = tijolo 15x20; 2 = tijolo 20x20; 3 = tijolo 20x30; 4 = telha e; 5 = lajota) e a que restou após a inspeção e classificação, para identificação do produto que mais gerou resíduos, com a aplicação da Equação 1.

$$RS_n = Q_e - Q_{ic} \quad (1)$$

Onde: RS_n = Resíduo Sólido do produto n ; Q_e = Quantidade fabricada do produto na entrada dos fornos; Q_{ic} = Quantidade inspecionada e classificada para venda.

2) Resíduo Sólido Cerâmico Total (RS_T), através da soma dos valores dos RS_n de cada produto (1 = tijolo 15x20; 2 = tijolo 20x20; 3 = tijolo 20x30; 4 = telha e, 5 = lajota), com a aplicação da Equação 2.

$$RS_T = RS_1 + RS_2 + RS_3 + RS_4 + RS_5 \quad (2)$$

Onde: RS_T = Resíduo Sólido Total; RS_1 = Resíduo Sólido dos tijolos 15x20; RS_2 = Resíduo Sólido dos tijolos 20x20; RS_3 = Resíduo Sólido dos tijolos 20x30; RS_4 = Resíduo Sólido das telhas; RS_5 = Resíduo Sólido das lajotas

3) Quantificação por peso (Kg), foram pesados em balança digital (capacidade máxima 150 kg) cada produto (1 = tijolo 15x20; 2 = tijolo 20x20; 3 = tijolo 20x30; 4 = telha e, 5 = lajota) fabricado pela cerâmica e, posteriormente, multiplicou-se o peso do produto por RS_n , com o uso da Equação 3.

$$P_{RS_n} = P_n \times RS_n \quad (3)$$

Onde: P_{RS_n} = Peso do Resíduo Sólido do produto n ; P_n = Peso do produto n ; RS_n = Resíduo Sólido do produto n .

4) Quantificação total por peso foi obtida através da soma dos valores dos P_{RS_n} (Equação 4).

$$P_{RST} = P_{RS1} + P_{RS2} + P_{RS3} + P_{RS4} + P_{RS5} \quad (4)$$

Onde: P_{RST} = Peso do Resíduo Sólido Total; P_{RS1} = Peso do Resíduo Sólido dos tijolos 15x20; P_{RS2} = Peso do Resíduo Sólido dos tijolos 20x20; P_{RS3} = Peso do Resíduo Sólido dos tijolos 20x30; P_{RS4} = Peso do Resíduo Sólido das telhas; P_{RS5} = Peso do Resíduo Sólido das lajotas

Para a quantificação do total de cinzas geradas pela combustão incompleta do pó de serra utilizado como combustível dos fornos, foram pesadas as cinzas com

auxílio de balança digital (capacidade máxima 150 kg) para que fosse feita a somatória dos valores encontrados relacionados com o número de dias necessários para a saída dos produtos dos 8 fornos nos dois períodos de visitas (Equação 5)

$$Q_{TC} = \quad (5)$$

Q_{TC} = Quantidade Total de Cinzas; = Somatória da Quantidade de Cinzas; N = Número de dias necessários para a saída dos produtos dos 8 fornos (1º Período = 12 dias; 2º Período = 12 dias)

A diferença entre o total de visitas realizadas nos dois períodos (1º Período = 20 visitas, 2º Período = 12 visitas) ocorreu porque no 1º Período foram necessários 8 dias a mais para conhecimento da área do empreendimento, observação do processo produtivo e seleção das etapas que mais geravam resíduos, elaboração do memorial fotográfico, diálogo informal com 7 (sete) funcionários de diferentes setores de produção para levantamento de informações gerais e elaboração da melhor estratégia de acompanhamento das etapas selecionadas (queima e, inspeção e classificação) para cada um dos 8 fornos.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Identificação e Classificação Dos Resíduos Sólidos Gerados, de acordo Com Abnt Nbr 10004:2004, Para as Etapas de Queima e, Inspeção e Classificação

A identificação dos resíduos foi efetuada diretamente na fonte geradora durante os dois períodos de visitas, nos quais se pode observar a geração de RS (Figura 4).

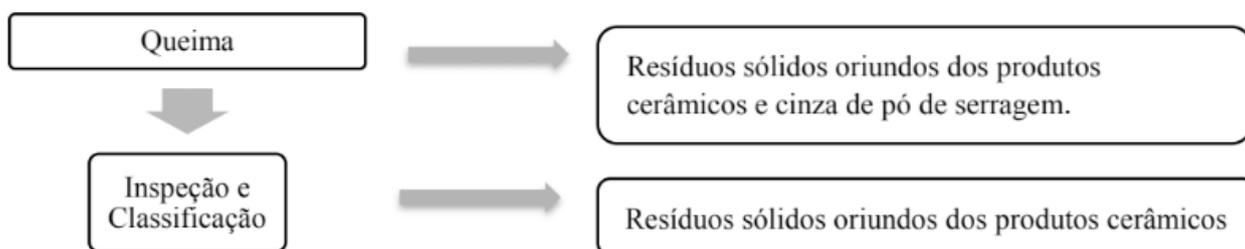


Figura 4 - Fluxograma dos resíduos sólidos gerados nas etapas de queima e, inspeção e classificação

Fonte: autores (2015)

Os resíduos sólidos oriundos da quebra dos produtos cerâmicos (tijolos, telhas e lajotas) após as etapas de queima e, inspeção e classificação, são dispostos diretamente sobre o solo, a céu aberto, na área não edificada do empreendimento

(Figura 5a). Esse pó de serra (Figura (5b), após o processo de combustão incompleta que ocorre durante a queima dos produtos cerâmicos nos fornos, gera resíduos sólidos, as cinzas (Figura 5c).



Figura 5 – a) Resíduos sólidos oriundos da quebra dos produtos cerâmicos após as etapas de queima e, inspeção e classificação; b) O pó de serra utilizado como combustível dos fornos é armazenado em galpão coberto em contato direto com o solo; c) Cinzas oriundas da combustão incompleta do pó de serra utilizado como combustível dos fornos durante a etapa de queima.

Fonte: autores (2015)

Quanto a classificação dos resíduos gerados nas etapas de queima e, inspeção e classificação, de acordo com a norma ABNT NBR 1004:2004 (Quadro 2.)

RESÍDUOS	CLASSIFICAÇÃO	CÓDIGO DA ABNT NBR 1004:2004
Resíduos de Materiais Cerâmicos (tijolos, telhas e lajotas). gerados nas etapas de queima, inspeção e classificação.	Classe II B – Não Perigoso, Inerte	-
Resíduos de Madeira contendo substâncias não tóxicas – Cinzas de pó de serragem	Classe II B – Não Perigoso, Inerte	A009

Quadro 2: Classificação dos resíduos sólidos gerados nas etapas de queima e, inspeção e classificação de acordo com a ABNT BBR 10004:2004.

Adaptado de Brasil (2004)

5.2 Quantificação dos Resíduos Sólidos Gerados Nas Etapas de Queima e, Inspeção e Classificação

5.2.1 Resíduos Sólidos Cerâmicos

A produção da cerâmica em questão é de acordo com a demanda por determinados produtos. Em relação a produção de peças cerâmicas e a geração de RS foi verificado, nos dois períodos de visitas, a quantidade de peças correspondente a cada produto

que entrou nos fornos, as que restaram após a queima, inspeção e classificação e se tornaram aptas para a venda, e àquelas inservíveis a essa ação, que se tornaram resíduos sólidos de produção (Tabela 1).

1º PERÍODO DE VISITAS							
Produtos	Dimen- sões (cm)	Peso (kg)	Produção		Resíduos Sólidos		
		Unitário	Qe	Qic	Unidades (Qe-Qic)	Peso Total (Kg)	
Tijolos	15x20	1,7	NP	NP	NP	NP	
Tijolos	20x20	2,2	106.100	102.087	4.013	8.828,60	
Tijolos	20x30	3,1	12.800	12.395	405	1.246,20	
Telhas	15x44	1,6	193.200	182.485	10.715	17.144	
Lajotas	11x20	2,4	18.000	17.413	587	1.408,80	
			Subtotais	330.100	314.380	15.720	28.627,60

2º PERÍODO DE VISITAS							
Produtos	Dimensões (cm)	Peso (kg)	Produção		Resíduos Sólidos		
		Unitário	Qe	Qic	Unidades (Qe-Qic)	Produtos Peso total (Kg)	
Tijolos	15x20	1,7	12.900	12.443	457	776,90	
Tijolos	20x20	2,2	113.200	110.214	2.986	6.569,20	
Tijolos	20x30	3,1	9.100	8.867	233	722,30	
Telhas	15x44	1,6	227.200	218.493	8.707	13.931,20	
Lajotas	11x20	2,4	NP	NP	NP	NP	
			Subtotais	362.400	350.017	12.383	21.999,60
			Total Geral	692.500	664.397	28.103	50.627,20

Tabela 1 – Produção e geração de RS em Kg e unidades em uma indústria de cerâmica vermelha. (Continua)

Legenda: NP = não produzidos; Qe = Quantidade fabricada do produto na entrada dos fornos; Qic = Quantidade inspecionada e classificada para venda.

Fonte: autores (2015)

Os dados analisados indicaram que há uma similaridade na geração de resíduos sólidos entre os dois períodos de visitas. Verificou-se que no 1º Período não houve produção residual de tijolos 15x20, pois, os mesmos não foram produzidos, contudo a produção residual de outros produtos mostrou a seguinte evolução tijolos 20x30 < lajotas < tijolos 20x20 < telhas. Em unidades residuais produzidas obteve-se um valor igual a 15.720 peças, o que resultou em 28.627, 60 kg de RS.

Em relação ao 2º Período foi observada a não geração de resíduos sólidos por lajotas, pois, não houve produção das mesmas, além disso, os resultados mostraram uma redução tanto em unidades bem como em peso dos RS provenientes de alguns

produtos e, quando comparada a geração de RS do 1º Período (Tabela 2).

Produtos	Dimensões	Resíduos Sólidos				Redução (%)
		Unidades		Peso (Kg)		
		1ºP	2ºP	1ºP	2ºP	
	Cm					
Tijolo	15x20	NP	457	NP	776,90	-----
Tijolo	20x20	4.013	2.986	8.828,60	6.569,20	25,59
Tijolo	20x30	405	233	1.246,20	722,30	42,47
Telha	15x44	10.715	8.707	17.144	13.931,20	18,74
Lajota	11x20	587	NP	1.408,80	NP	-----
	Total	15.720	12.383	28.627,60	21.999,60	

Tabela 2 – Quantificação dos RS gerados (unidades e peso) e percentual de redução

Legenda: NP = Não produzido; RS = Resíduos Sólidos; 1ºP = 1º Período; 2º Período

Fonte: autores (2015)

A análise dos dados obtidos também indicaram que a maior geração de resíduos proveniente dos tijolos 20x20 e das telhas ocorreu no 1º Período, o que, conforme informações fornecidas pelo 1º gerente do empreendimento, aconteceu porque no 1º Período, uma parte da matéria prima (argila) havia sido extraída de um local diferente (o qual não foi informado) e isso acarretou maior fragilidade aos produtos.

Além disso, no 1º Período, o forno de número 5 apresentou defeitos na “fornada”, pois, devido a uma falha humana no controle da temperatura do mesmo, os produtos, em grande maioria, apresentaram-se com defeitos na aparência ou avarias (queimados em excesso, rachados, trincados ou quebrados) e se tornaram resíduos de produção. Todos esses fatores explicam a redução percentual do 2º Período em relação ao 1º Período quanto a geração de resíduos sólidos provenientes dos produtos que foram fabricados em ambos os períodos de visitas (tijolos 20x20, tijolos 20x30 e telhas).

Os dados também indicaram que o produto que mais gerou RS nos dois períodos de visitas, foi a telha, o que se justifica devido seu formato ser mais propício a quebras. Já em relação aos RS advindos dos tijolos 20x30, no 2º Período, a geração foi menor devido a produção dos mesmos ter sido consideravelmente reduzida em relação ao 1º Período, pois, a demanda pelo produto foi menor e havia quantidade razoável no estoque.

Quanto a geração total de unidades residuais em relação a produção total de peças cerâmicas nas duas etapas de visitas (Tabela 3).

1 Sr. Fernando Sousa Lima – Gerente da Indústria de Cerâmica Vermelha objeto de estudo.

PERÍODOS	PRODUÇÃO (peças)	RS (peças)	(%)
1°	330.100	15.720	—
2°	362.400	12.383	
Total	692.500	28.103	4,06

Tabela 3- Quantificação total das peças produzidas e RS gerados (peças)

Legenda: RS = Resíduos Sólidos

Fonte: autores (2015)

A geração de resíduos sólidos cerâmicos (Tabela 3) no empreendimento durante os dois períodos de visitas, corresponde a um total em unidades residuais de 28.103 peças, o que equivale à aproximadamente 4,06% de RS gerados em relação à produção total (692.500 peças) dos referidos períodos. É válido ressaltar que esta porcentagem de RS gerados, é inferior a 10% do total da produção, pois, no ramo da indústria de cerâmica vermelha a quantidade de resíduos é capaz de chegar a 10% (PAZ; MORAIS; HOLANDA, 2013). No entanto, mesmo que a porcentagem constatada tenha se apresentado menor que a metade ressaltada pelo referido autor, ainda há necessidade da proposição do PGRS para as referidas etapas (queima e, inspeção e classificação), pois, a quantidade de RS é considerável e o empreendimento em questão não possui nenhuma forma de gerenciamento para os mesmos.

5.2.2 Resíduos Sólidos de Pó de Serra – Cinzas

A análise dos dados obtidos indicou que a geração total de cinzas produzidas pela combustão incompleta do pó de serra utilizado como combustível nos fornos durante os dois períodos de visitas (Tabela 4).

Períodos	Cinzas (Kg/dia)	Dias	Total (Kg)	Redução (%)
1°P	686,00	12	8.232,00	28,80
2°P	488,53	12	5.862,36	

Tabela 4 – Quantidade de cinzas geradas nas duas etapas de visitas (Kg)

Legenda: 1°P = 1° Período; 2° = 2° Período

Fonte: autores (2015)

Com esses dados, nota-se que a geração de cinzas no 1° Período foi 28,80% maior em relação ao 2° Período, isso ocorreu devido a interferência dos períodos sazonais (chuvoso e seco), pois, o 1° Período ocorreu nos meses de abril e maio,

os quais são característicos de uma maior quantidade de chuvas em relação ao mês de outubro, durante o qual foi realizada o 2º Período de visitas. Esta precipitação pluviométrica em maior quantidade nos referidos meses, pode ser constatada de acordo com os dados apresentados pela Agência Nacional das Águas (ANA), a qual afirma que no período de 2004 a 2013, os meses de abril e maio apresentaram média de 276,07 mm e 158,48 mm, respectivamente e, o mês de outubro 101,86 mm (ANA, 2014).

Esses dados corroboram com os dados obtidos nessa pesquisa, pois, o aumento da pluviosidade gera acréscimo no número de dias necessários para a queima das peças cerâmicas e, conseqüentemente, elevação da quantidade de pó de serra utilizado como combustível nos fornos, o qual se apresentou mais úmido no 1º Período devido a este fator. Assim, há uma maior geração de cinzas, as quais devem ser dispostas de forma adequada para evitar alterações no meio ambiente, o que não foi observado durante as visitas.

6 | PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O nível tecnológico adotado pela indústria da cerâmica vermelha no Brasil de maneira geral, apesar dos produtos serem reconhecidos internacionalmente, em grande parte é considerado pouco desenvolvido (ABCERAM, 2011), o que torna necessária a implantação de um PGRS como fator inicial para o aumento de competitividade no mercado de trabalho consumidor e laboral, com a aplicação de práticas ambientalmente adequadas previamente estabelecidas no Planejamento Ambiental.

Nesse contexto, a presente proposta de PGRS propõe: a realização de ensaios e testes mecânicos dos produtos cerâmicos para determinação da composição da massa cerâmica com as referidas proporções ideais de argila e água, o que acarretaria em produtos mais resistentes e conseqüentemente, minimizaria a geração de RS de modo que, a geração dos mesmos é inevitável.

A necessidade do envolvimento de todo o corpo de funcionários envolvidos com a operacionalidade da queima e, inspeção e classificação para efetividade do PGRS proposto, de forma que, ao proprietário do empreendimento, caiba a responsabilidade de oferecer capacitação aos funcionários quanto a melhor execução do trabalho e conhecimento dos resíduos gerados nos respectivos setores de operação através de palestras, *workshops*, oficinas e mini cursos voltados à Educação Ambiental, responsabilidades e segurança no trabalho, além da garantia que as etapas de segregação, acondicionamento, armazenamento, transporte e destinação final sejam aplicadas adequadamente.

A realização de revisões a cada 4 meses como forma de monitoramento no PGRS proposto, essa periodicidade objetiva identificar e corrigir eventuais problemas com precisão e eficácia por ser contínua e abranger todos os períodos sazonais, além

de manutenções periódicas nas máquinas utilizadas para a fabricação dos produtos e nos veículos de transporte. Quanto as etapas do gerenciamento de resíduos sólidos propõem-se para:

- Segregação e acondicionamento: os resíduos sólidos provenientes das etapas de queima e, inspeção e classificação (peças queimadas em excesso, rachadas, trincadas ou quebradas e as cinzas) deverão ser segregados onde são gerados, para tal ação, deve-se capacitar três funcionários que fiquem responsáveis por fazer a triagem, segregação e condução dos mesmos até o local de acondicionamento (Figura 6).



Figura 6 – Contêineres para acondicionamento dos resíduos cerâmicos e cinzas.

Adaptado de: www.nemlimp.com.br.

Esses contêineres devem estar dispostos na área do empreendimento, como sugere o item 5.3 da ABNT NBR 11174:1990 e, como os resíduos identificados na fonte durante as etapas de queima e, inspeção e classificação pertencem a Classe II – Não perigoso, conforme a ABNT NBR 10004:2004, não há necessidade de cuidados mais específicos, porém, com o intuito de evitar misturas entre os RS provenientes dos materiais cerâmicos e as cinzas, sugere-se que os mesmos sejam verde escuro devidamente identificados com o nome do resíduo a ser acondicionado.

- Coleta e transporte interno: a coleta e o transporte interno dos resíduos sólidos deverá ser realizada sempre que a capacidade dos contêineres for esgotada, pois, os resíduos identificados não são putrescíveis, o que justifica essa flexibilidade no tempo de coleta. O transporte dos contêineres até o local de armazenamento temporário deverá ser feito por caminhões que já são de propriedade da empresa, conduzidos por motoristas habilitados e treinados.

- Armazenamento temporário: após a coleta, de acordo com a ABNT NBR 11174:1990 os resíduos sólidos devem ser armazenados de maneira a não possibilitar a alteração de sua classificação e de forma que sejam minimizados os riscos de danos ambientais. Para o empreendimento em questão, sugere-se que o armazenamento temporário dos RS seja efetuado em conformidade com essa norma, além da construção de um galpão de resíduos (Figura 7).

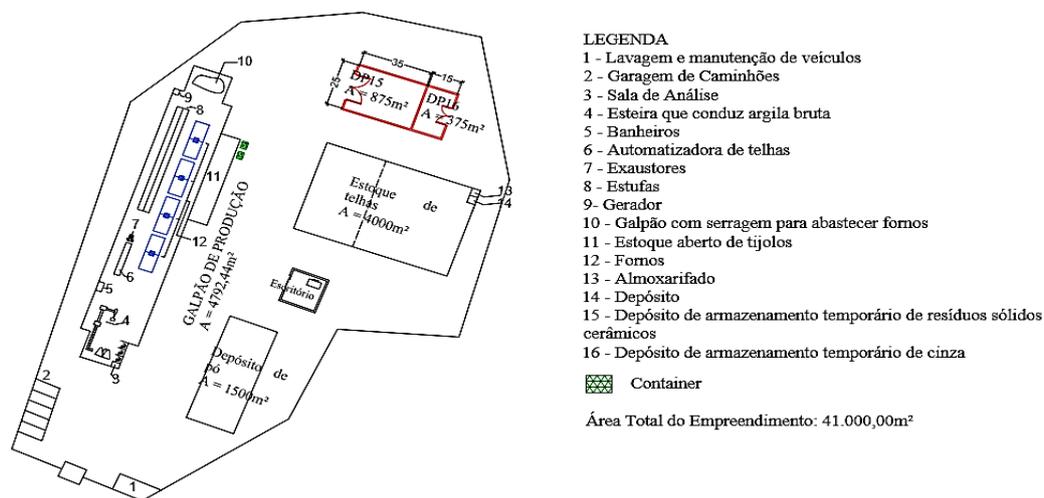


Figura 7 – Layout do empreendimento com identificação do local de armazenamento temporário.

Fonte: Autores, 2015

Os RS devem ser armazenados nesse galpão em sistema isolado, de modo que o acesso de pessoas estranhas seja impedido, e haja sinalização de segurança, identificação dos resíduos ali armazenados, e a base do local tenha sistema de impermeabilização e retenção de sólidos, operado por profissionais devidamente capacitados com treinamento de operação e segurança para caso de incêndio, além de instalações equipadas de maneira correta e manutenção adequada de todos os equipamentos de segurança (BRASIL, 1990).

- Transporte Externo: o transporte externo dos RS deverá ser feito por caminhões basculantes cobertos com lonas para que não sejam emitidos materiais particulados durante esta etapa. Tais veículos devem ser conduzidos por motoristas habilitados e treinados.

- Destinação final: para os resíduos sólidos oriundos dos produtos cerâmicos: (1) Que possam ser comercializados a preços menores para fins de aterro mediante documento de aceitação dos compradores. O preço destes resíduos, que agora passam a ser produtos, fica a critério do empreendedor de acordo com o mercado consumidor. (2) Devido certa atividade pozolânica, também podem ser comercializados para fabricação de concreto onde devem ser moídos ou revendidos para substituir os agregados miúdos, melhorando as características mecânicas e físicas do concreto, pois, camadas de pavimento que utilizam o agregado reciclado contendo resíduos de construção e demolição com cerâmica vermelha, apresentam aumento da resistência.

Para os resíduos oriundos da combustão do pó de serra (cinzas): (1) Por possuírem pH aproximado a 9,6, podem ser comercializadas ou doadas para serem utilizadas na correção de solos ácidos bem como fertilizante agrícola devido a disponibilização de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). (2) outra possível destinação é a utilização em argamassas de vedação dos fornos do empreendimento

como forma de reaproveitá-la no próprio processo de produção.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ramo da cerâmica vermelha causa impactos ambientais negativos por ser grande extratora de matéria-prima não renovável (argila), pelo grande consumo de água e energia, e pela quantidade de resíduos sólidos gerados. O gerenciamento de resíduos sólidos industriais é fundamental para obter desenvolvimento econômico sustentável, pois previne a geração de resíduos e contribui para redução de custos e desperdícios.

No empreendimento em questão, os resíduos gerados nas etapas de queima e, inspeção e classificação foram provenientes da quebra de produtos cerâmicos e cinzas, os quais são classificados de acordo com a ABNT 10004:2004, como Classe II B (não perigosos, inertes). Tais resíduos podem ser reutilizados no processo ou usados em outras tipologias industriais. Entretanto, são encontrados grandes volumes dos mesmos na empresa, sendo que, embora não sejam perigosos, necessitam de armazenamento adequado, fato não constatado no empreendimento.

No entanto, a indústria de cerâmicas vermelha, objeto de estudo, é uma das poucas que demonstram preocupação com a questão ambiental, pois utiliza resíduos de serraria, ao invés de lenha, para o processo de combustão. Tal ação desestimula a prática do desmatamento, reduz a emissão de gases como o dióxido de carbono (CO_2), gás metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), responsáveis pelo aquecimento do planeta, além de elevar a competitividade comercial da empresa.

Caso não haja destinação adequada, os RS produzidos durante as etapas de queima e, inspeção e classificação geram impactos como a proliferação de vetores transmissores de doença e poluição visual. Todavia, quando reaproveitados dentro do próprio empreendimento, ou externamente, tornam-se uma alternativa de renda, e transformam resíduo em um produto valorável, auxilia no desempenho da indústria, além de contribuir para o desenvolvimento social, econômico e ambiental local.

Assim, a Proposta de Gerenciamento de Resíduos Sólidos elaborada para a empresa, objeto de estudo, procurou atuar na prevenção da geração de resíduos, garantir a adequada destinação dos mesmos, além de contribuir para redução de custos e desperdícios, contudo, para que seja aplicada de forma mais precisa sugere-se que seja elaborado um inventário completo dos resíduos sólidos gerados no empreendimento conforme estabelece a Resolução CONAMA 313:2002.

REFERÊNCIAS

ABCERAM. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS. **Considerações Iniciais**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=2>>. Acesso em: 25 out. 2015.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Hidroweb: Sistemas de Informações Hidrológicas. 2014. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2015.

ANFACER. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTOS, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES. 2011 História da Cerâmica. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>. Acesso em: 10 out. 2018

ANICER. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. (2013). Diagnóstico da Indústria de Cerâmica Vermelha no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: < https://www.anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio_2013.pdf Acesso em: 10 out.2018.

BETINI, D. G.; ICHIHARA, J. A. A logística reversa aplicada ao setor oleiro na região norte. Anais do Encontro Nacional De Engenharia De Produção, Foz do Iguaçu, SC, Brasil, 27.

_____. Decreto-lei nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 12 abr. 1989. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1989/decreto-97632-10-abril-1989-448270-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 17 out. 2015.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11.174**: Armazenamento de resíduos classes II-não inertes e III-inertes. Rio de Janeiro, 1990.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 10, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 28 dez. 1990. Disponível em: <http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Con_10_90.htm>. Acesso em: 02 set. 2015.

_____. **Lei Federal nº 8.982, de 24 de janeiro de 1995**. Dá nova redação ao art. 1º da Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978, alterado pela Lei nº 7.312, de 16 de maio de 1985. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 25 jan. 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8982.htm>. Acesso em: 30 out. 2015.

_____. Conselho Nacional do meio ambiente. Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 12 out. 2015.

_____. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 24 out. 2015.

_____. Decreto Presidencial nº 3.179, de 21 de setembro de 1999. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 22 set. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3179.htm>. Acesso em: 23 out. 2015.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 313 de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos: Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.

_____. Lei nº 12.305, de 27 de julho de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: Câmara Federal.

FEAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Plano de Ação para Adequação Ambiental e Energética das indústrias de Cerâmica Vermelha no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: FEAM.2012.

FIEMG. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha. Belo Horizonte: SENAI, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE. Municípios. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.com.br>. Acesso em: 10 out. 2018

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=p&o=1&i=P>>. Acesso em: 23 out. 2015.

MAGNO, B. **Da argila a Sala de Estar**: A Indústria de Cerâmica no Pará. ORMNEWS, Pará, 18 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.ormnews.com.br/noticia/da-argila-a-sala-de-estar-a-industria-da-ceramica-no-para>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: RIMA, 2005.

MARTINS, T. P. S. **Plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais** – estudo de caso – indústria de cerâmica vermelha, Posse - GO. 2014. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.

MASTELLA, V. G. (2008). Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Metalúrgica DS Ltda. 2007. 86 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, Brasil.

PARÁ (Estado). **Lei Estadual nº 5.887, de 9 de maio de 1995. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Belém, PA, 1995. Disponível em:** <<http://www.sema.pa.gov.br/1995/05/09/9741/>>. **Acesso em: 15 out. 2015.**

PAZ, Y. M; MORAIS, M. M; HOLANDA, R. M. Desenvolvimento Econômico Regional e o Aproveitamento de Resíduos Sólidos no Polo da Indústria da Cerâmica Vermelha do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n.6, p. 1682-1880. 2013.

REIS, F.B. Gestão Ambiental em Oficinas Mecânicas: O Descarte de Óleo Lubrificante – ES, 2009. In: LACOURT, J. Z. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Mecânica de Máquinas Pesadas Lacchini**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

SECTMA. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – **O setor ceramista e o meio ambiente**: Guia Prático para o Licenciamento Ambiental. Recife: CPRH, 2010.

SIMIÃO, J. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais em uma Empresa de Usinagem sobre o enfoque da Produção Mais Limpa. 2011. 170 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011

SINDICERTO. SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICAS PARA A CONSTRUÇÃO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Estudo de Atividade Empresarial: Cerâmica Vermelha da Região Central do Tocantins**. Palmas: Sebrae, 2005.

SOMAVILLA, D. Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Produção Mais Limpa Para uma Indústria Metalúrgica do Município de Carazinho – RS. 2013. Monografia de Conclusão de Curso, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil..2013.

SOBRE OS ORGANIZADORES

FRANCIELE BONATTO. Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)- Campus Guarapuava. Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção pela UTFPR. Doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: *Supply Chain*, gestão da qualidade e gestão da produção.

JAIR DE OLIVEIRA Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Administrador de empresas pela UENP. Mestre em administração pela UFPR e doutor em engenharia de produção pela EESC-USP. Trabalha com os temas: Pequena empresa e Ensino para o empreendedorismo.

JOÃO DALLAMUTA. Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, gestão Engenharia da Qualidade, Planejamento Estratégico, Estratégia de Marketing

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-125-1

