

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Atena Editora
2019

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-472-6 DOI 10.22533/at.ed.726191107</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario</p> <p style="text-align: right;">CDD 509.81</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EVOLUÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS	
Marília Carvalho de Melo	
Alexandre Magrineli dos Reis	
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti	
Germano Luís Gomes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911071	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	
Arini de Menezes Costa	
Neyla Danquá dos Ramos	
Antonio Alisson Pessoa Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.7261911072	
CAPÍTULO 3	24
ANÁLISE QUALITATIVA E PROVENIÊNCIA DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE MUITA ÁGUA, MUNICÍPIO DE IMBITUBA, LITORAL CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL	
Patrícia Tortora	
Luiz Felipe Poli Schramm	
Norberto Olmiro Horn Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7261911073	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) EM RONDONÓPOLIS/MT: DA OMISSÃO LEGISLATIVA AO PREJUÍZO AMBIENTAL COLETIVO	
José Adolfo Iriam Sturza	
Cristiano Nardes Pause	
DOI 10.22533/at.ed.7261911074	
CAPÍTULO 5	52
ATUALIZAÇÃO DE LIMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS:O CASO DOS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE	
Christiane Freitas Pinheiro de Jesus	
Nelson Wellausen Dias	
Fernanda dos Santos Lopes Cruz	
Acacia Maria Barros Souza	
José Henrique da Silva	
João Carlos Marques Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911075	
CAPÍTULO 6	61
AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHOS DA RODOVIA RN-118	
Alisson Cabral Barreto	
Milany Karcia Santos Medeiros	
Alyne Karla Nogueira Osterne	
Ricardo Leandro Barros da Costa	
Lanna Celly da Silva Nazário	
DOI 10.22533/at.ed.7261911076	

CAPÍTULO 7 78

CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO TIPO MASSAPÊ PARA VERIFICAÇÃO DO SEU POTENCIAL EXPANSIVO

Larissa da Silva Oliveira
Stephanny Conceição Farias do Egito Costa

DOI 10.22533/at.ed.7261911077

CAPÍTULO 8 88

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA ARGILA VERMELHA USADA EM TRATAMENTOS FACIAIS

Ana Paula Zenóbia Balduino
Michele Resende Machado
Mônica Rodrigues Ferreira Machado
Giovanni Cavichioli Petrucelli

DOI 10.22533/at.ed.7261911078

CAPÍTULO 9 93

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas
Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Ubirajara Coletto Junior
Chrystopher Allan Miranda Pereira
Alexandre Zirpoli Simões
Leinig Perazolli
Maria Aparecida Zaghete

DOI 10.22533/at.ed.7261911079

CAPÍTULO 10 106

CÉLULAS COMBUSTÍVEIS: UMA VISÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOGÁS

Débora da Silva Vilar
Milson dos Santos Barbosa
Isabelle Maria Duarte Gonzaga
Aline Resende Dória
Lays Ismerim Oliveira
Caio Vinícius da Silva Almeida
Dara Silva Santos
Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110710

CAPÍTULO 11 121

COLAPSIBILIDADE DE UM PERFIL DE SOLO NÃO SATURADO

Roger Augusto Rodrigues
Alfredo Lopes Saab
Gustavo Tavernaro Tambelli

DOI 10.22533/at.ed.72619110711

CAPÍTULO 12 133

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Milagros Alvarez Sanz
Yuri Daniel Jatobá Costa
Carina Maia Lins Costa
Gracianne Maria Azevedo do Patrocínio

DOI 10.22533/at.ed.72619110712

CAPÍTULO 13 147

CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO NO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - MANAUS-AM

Mikaela Camacho Cardoso
Mauro Célio da Silveira Pio

DOI 10.22533/at.ed.72619110713

CAPÍTULO 14 156

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares
Evelin Silva Koch
Maria Victoria Manso Guevara
Fermin Garcia Velasco

DOI 10.22533/at.ed.72619110714

CAPÍTULO 15 163

DINÂMICA SOCIOESPACIAL EM PEQUENAS CIDADES:A PAISAGEM GEOGRÁFICA DE OUVIDOR (GO)

Angélica Silvério Freires
Idelvone Mendes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110715

CAPÍTULO 16 177

DIVERSIDADES DE CRITÉRIOS EM AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS SOCIOECONOMICOS

Giseli Dalla Nora
Patricia Regina Alves Palermo

DOI 10.22533/at.ed.72619110716

CAPÍTULO 17 184

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTORES PÚBLICOS: FORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES

Mary Lúcia da Silva Ferreira Lima
Laura Rocha de Castro
Marina Marques Gimenez
Ronei Pacheco de Oliveira
Amanda Baldochi Souza

DOI 10.22533/at.ed.72619110717

CAPÍTULO 18	190
ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO	
Fernanda Valinho Ignacio Bruno Teixeira Lima Juliano de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.72619110718	
CAPÍTULO 19	203
FORMOSO DO ARAGUAIA-TO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO	
Roberto de Souza Santos	
DOI 10.22533/at.ed.72619110719	
CAPÍTULO 20	222
INCISÕES EROSIVAS URBANAS: UM PROBLEMA AMBIENTAL EM BOM JESUS DAS SELVAS (MA)	
José Sidiney Barros José Milton de Oliveira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.72619110720	
CAPÍTULO 21	229
MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL E ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Tânia Barbosa de Freitas Mirian Ferreira de Brito	
DOI 10.22533/at.ed.72619110721	
CAPÍTULO 22	238
MINERALIZAÇÃO AURÍFERA EM ZONA DE CISALHAMENTO, GARIMPO CUTIA, SERRA LESTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJAS, BRASIL	
Gilberto Luiz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.72619110722	
SOBRE OS ORGANIZADORES	244

A EVOLUÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS

Marília Carvalho de Melo

Instituto Mineiro de Gestão das Águas
Universidade Vale do Rio Verde
Belo Horizonte – Minas Gerais

Alexandre Magrineli dos Reis

Fundação Estadual de Meio Ambiente
Belo Horizonte – Minas Gerais

Zuleika Stela Chiacchio Torquetti

Fundação Estadual de Meio Ambiente
Belo Horizonte – Minas Gerais

Germano Luís Gomes Vieira

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e
Desenvolvimento Sustentável
Belo Horizonte – Minas Gerais

RESUMO: As normas que regem o licenciamento ambiental em Minas Gerais vêm sendo modificadas ao longo do tempo buscando a sua racionalização e o aprimoramento da qualidade ambiental. O presente artigo tem objetivo descrever a sua evolução, utilizando como marcos temporais Deliberações Normativas (DN) do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Em 1990 foi aprovado o primeiro regulamento do COPAM, a DN 01, que introduziu critérios objetivos quanto ao porte e potencial poluidor para classificação de empreendimentos ou atividades potencialmente poluidores para fins

de licenciamento ambiental. Em 2003 iniciou-se uma reestruturação administrativa do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA, com a regionalização do COPAM, que teve como premissa, também, a sua desconcentração. A consolidação desta reestruturação se deu com a aprovação da DN COPAM 74 de 2004, cuja principal inovação foi instituição da Autorização Ambiental de Funcionamento – AAF. A AAF altera a lógica do licenciamento de empreendimentos de pequeno porte, com a autorização para funcionamento mediante o compromisso do empreendedor e do respectivo responsável técnico aos padrões estabelecidos nas normas ambientais. Em 2016 entrou em vigor a Lei 21.972/2016, que, dentre outros objetivos, reorganiza o COPAM reestabelecendo a competência de aprovação do licenciamento ambiental pelas câmaras técnicas. A Lei cria ainda o Licenciamento Ambiental Simplificado em substituição à AAF. Esta última etapa foi finalizada com a edição da DN COPAM 217 de 2017 que introduz o conceito de gestão territorial com a inserção da variável locacional aplicada a classificação de empreendimentos potencialmente poluidores, premissa perseguida desde 2009.

PALAVRAS-CHAVE: gestão ambiental; licenciamento; fator locacional

ABSTRACT: The standards that govern

environmental licensing in Minas Gerais have been being modified through time in order to achieve rationalization and improvement of environmental quality. This article aims to describe the standard's evolution through time using as key time frames the Regulatory Deliberations (Deliberações Normativas – DN) of the State Council for Environmental Policies (Conselho Estadual de Políticas Ambientais – COPAM). In 1990, COPAM approved the first Regulatory Deliberation, DN-01, which created objective criteria regarding the magnitude and pollutant potential in order to classify enterprises or other potentially pollutant activities in the context of environmental licensing. In 2003, an administrative reform took place in the State System of Environment and Water Resources (Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA). This reform regionalized the council, and had as a premise COPAM decentralization. The DN COPAM 74 from 2004 cemented the reform and had as the main innovation, the creation of the Environmental Permit for Operation (Autorização Ambiental de Funcionamento – AAF). The AAF alters how environmental licensing functions for small enterprises, as the permit is given through the commitment of the entrepreneur and the technical manager to abide by the standards set by the environmental standards. In 2006, the Law 21.972/2016 was created. Among other objectives, the Law reorganizes COPAM, making the technical committees responsible for environmental licensing. The Law also created the Simplified Environmental Licensing (Licenciamento Ambiental Simplificado), substituting the AAF. This last step ended with the issuing of the DN COPAM 217 from 2017, which created the concept of territory-wise management taking into account the location variable in order to rank potentially pollutant enterprises, a premise sought after since 2009.

KEYWORDS: Environmental management; Licensing, Location variable

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

As movimentações internacionais e nacionais relativas a novidade que era a questão ambiental repercutiram em Minas Gerais, tanto na esfera pública como privada. A criação da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) em 1972 e em 1975 do Grupo Executivo de Ciência e Tecnologia, cujo núcleo técnico era a Diretoria de Tecnologia e Meio Ambiente da Fundação João Pinheiro (FJP), representaram o início da internalização deste tema no âmbito da administração pública mineira (FEAM, 1998). A atuação inicial destes entes no controle de atividades poluidoras, somada a discussões e ações nas esferas acadêmicas, da sociedade civil organizada e do Poder Legislativo Estadual, culminou na criação da Comissão de Política Ambiental (COPAM), por meio do Decreto nº 18.466, de 29 de abril de 1977 (MINAS GERAIS, 1977). Os primeiros regulamentos aprovados pela Comissão buscavam estabelecer um arcabouço normativo que permitisse a atuação em ações de comando e controle, como o estabelecimento de padrões, procedimentos e classificação de cursos d'água, além de decisões pontuais quanto a empreendimentos e atividades poluidoras (COPAM, 1986). Com a sanção da Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980 (MINAS,

GERAIS, 1980), introduz-se o controle de atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores e a licença ambiental, no que é denominado no Decreto de regulamentação (MINAS GERAIS), como Sistema Estadual de Licenciamento de Fontes Poluidoras (SELF). Uma nova fase no processo de institucionalização da Política Ambiental do Estado se deu em 1983, com a criação da Superintendência de Meio Ambiente do CETEC (SMA), momento que se percebeu a necessidade de uma estrutura técnica e operacional adequada. Em 1987 a Comissão foi transformada no atual Conselho de Política Ambiental e criou-se a Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Para as referências normativas, licenciamento é o procedimento administrativo pelo qual órgão ambiental autoriza a localização, instação, ampliação e a operação de um empreendimento ou atividade potencialmente poluidora. Avançando no conceito, o Banco Mundial afirma que o licenciamento ambiental é uma ferramenta que uma autoridade pública pode usar para prevenir, controlar e gerenciar a poluição e tem por objetivo integrar a proteção ambiental no processo de desenvolvimento para alcançar a sustentabilidade. Em continuidade, afirma que é um instrumento para o planejamento territorial e de uso da terra (World Bank, 2012).

O licenciamento ambiental se tornou o principal instrumento da gestão ambiental no Brasil. Vários avanços foram obtidos desde a década de 80, entretanto desafios ainda estão postos para o seu aprimoramento. A Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente – ABEMA apresentou 11 desafios para o licenciamento ambiental Brasileiro, dentre eles destaca-se: o Fator Locacional (ABEMA, 2013). O objetivo deste artigo é apresentar a evolução histórica do licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais, utilizando com marco as principais normas editadas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental e discutir as contribuições normativas para sua racionalização e aprimoramento.

METODOLOGIA

A metodologia proposta apresentará o desenvolvimento do licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais, conforme as seguintes etapas:

1. Contextualização normativa e institucional da gestão ambiental e licenciamento;
2. Avaliação da evolução do licenciamento por meio das três principais Deliberações do COPAM apontando os principais destaques normativos;
3. Enfim, será apresentado um estudo de caso da aplicação do fator locacional como critério de classificação do empreendimento ou atividade para fins do licenciamento, conforme DN COPAM nº 217/2017.

DESENVOLVIMENTO

A contextualização normativa que se relaciona ao licenciamento ambiental inicia-se com o já mencionado Decreto nº 18.466/1977 (MINAS GERAIS, 1977) que instituiu a COPAM com competência para decisões sobre empreendimentos e atividades poluidoras. A Lei geral sobre meio ambiente, 7.772/1980 (MINAS, GERAIS, 1980), introduz o controle de atividades e empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores por meio de duas licenças: de instalação e de funcionamento. O Decreto nº 21.228, de 10 de março de 1981 (MINAS GERAIS, 1981a) remeteu para a COPAM as definições do que seria as fontes poluidoras sujeitas a registro, os procedimentos e condições para sua realização, bem como para análise da Licença de Instalação (LI) e Licença de Funcionamento (LF). Ato contínuo, a Comissão aprovou a Resolução nº 02/81, de 26 de maio de 1981 (MINAS GERAIS, 1981b), primeiro regulamento do licenciamento em Minas Gerais.

A Resolução nº 02/81 começava explicitando as LI e LF como instrumentos do SELF, solicitadas a partir de requerimento do interessado. A LI seria expedida com base no projeto executivo final do empreendimento ou atividade. Sua concessão dependia da obediência aos padrões ambientais estabelecidos pela própria Comissão. A LF dependeria de vistoria e teste de operação ou qualquer meio técnico de verificação do que fora implantado, e no seu requerimento deveria ser apresentada a LI. Poderia ser concedida em caráter precário, por até 6 (seis) meses para testes de eficiência dos equipamentos do sistema de controle ambiental (MINAS GERAIS, 1981b). A norma ainda previa um Parecer de Viabilidade de Localização (PVL), cuja solicitação era facultada ao interessado, em que a COPAM orientava o empreendedor sobre a correta localização de seu empreendimento e as formas de controle de poluição. Pela natureza do instrumento, se assemelha à Licença Prévia (MINAS GERAIS, 1981b).

Com a transformação da Comissão em Conselho em 1987 foi criada a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), que era o órgão técnico de apoio ao COPAM, que deliberava quanto ao licenciamento por meio de suas câmaras temáticas em Belo Horizonte. Em 2003 iniciou-se uma reestruturação administrativa do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), com a regionalização do COPAM por meio das Unidades Regionais Colegiadas (URCs) que passaram a decidir sobre as licenças ambientais e a criação da Superintendências Regionais de Licenciamento Ambiental. Já em 2015, com a experiência adquirida, foi iniciada uma nova fase de atualização do SISEMA culminando na Lei 21.972/2016, que reorganiza o COPAM reestabelecendo para as câmaras técnicas a competência de decisão do licenciamento ambiental .

A regulamentação adotada por meio da DN COPAM n.º 01/90 classifica empreendimentos e atividades passíveis de licenciamento ambiental, segundo o porte e o potencial poluidor dos mesmos, tendo vigorado por 14 anos. Após um amplo processo de consultas setoriais, que abordou questões como as dificuldades

para enquadramento de novas atividades não listadas que surgiram pela dinâmica da economia, foi aprovada e publicada a DN COPAM n.º 74/2004. Em 2009 o COPAM aprovou a Diretiva nº 02, que estabeleceu diretrizes para a revisão dos mecanismos e critérios para regularização dos empreendimentos poluidores ou degradadores do meio ambiente considerando a necessidade de incorporar o critério locacional, tendo como referência o conhecimento regional advindo da regionalização do SISEMA e o desenvolvimento e aplicação de outros instrumentos correlatos. A Tabela 1 apresenta a sistematização dos três principais regulamentos deliberados pelo COPAM sobre licenciamento ambiental e apresenta os destaques evolutivos.

Deliberação	Diretrizes Gerais	Destaques
<p>Deliberação Normativa COPAM n.º 01/90</p>	<p>Incorporou a lógica tripartite para o licenciamento, prevista originalmente no Decreto nº 88.351, de 1º de Junho de 1983 (BRASIL, 1983), primeiro regulamento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n.º 6.938/81) (BRASIL, 1981) com a Licença Prévia (LP), para a fase preliminar do planejamento da atividade, Licença de Instalação (LI), para autorizar o início da implantação, e a Licença e Operação (LO) início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição.</p> <p>O regulamento unificou em um mesmo texto regras quanto ao licenciamento ambiental e os custos decorrentes da análise do processo administrativo decorrente, fixados de acordo com o enquadramento do empreendimento em 3 (três) classes. Cada atividade das lista de fontes de poluição passou a ter três linhas com limites de valores quanto ao seu porte, divididas em pequeno (P), médio (M) e grande (G), e uma linha que estabelecia o potencial poluidor da mesma, aprovado pelo COPAM (também em P, M ou G), numa média a partir do impacto no ar (incluído poluição sonora), água e solo (incluído efeitos nos meios bióticos e socioeconômico). Da conjugação destas duas informações (porte e potencial poluidor) chegava-se a classe do empreendimento, que influenciaria da documentação e estudos exigidos até o já mencionado custo de análise da licença.</p>	<p>Crerios específicos para enquadramento de porte do empreendimento. Licenciamento tripartite.</p>
<p>Deliberação Normativa COPAM n.º 74/04</p>	<p>Foi o instrumento normativo para viabilizar a ampliação da regularização ambiental em Minas Gerais, associado à desconcentração de competências tanto do COPAM como da SEMAD, com a criação, respectivamente, das Unidades Regionais Colegiadas (URCs) e das Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SUPRAMs).</p> <p>A partir de uma revisão nos limites de porte das atividades, que receberam nova codificação, as classes de licenciamento passaram de 3 para 6. Introduziu-se a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF). O COPAM aprovou então que empreendimentos e atividades enquadrados nas classes 1 e 2 seriam considerados de impacto ambiental não significativo, não estando, portanto, sujeito a obrigação constitucional (art. 225, IV) de elaborar e ter um estudo prévio de impacto ambiental analisado em um processo de licenciamento ambiental.</p> <p>A AAF tinha natureza declaratória, consistindo de um cadastro em que se verifica a documentação relativa a conformidade legal do empreendimento, autorizações florestais e outorga do direito de uso de recursos hídricos, termo de responsabilidade assinado em que o empreendedor declara que a instalação e operação de sua atividade será feita de acordo com a legislação ambiental vigente e anotação de responsabilidade técnica de profissional técnico responsável pelo controle ambiental do empreendimento ou atividade.</p> <p>A norma explicitou as diretrizes: 1- obrigatoriedade de análise prévia de modificações e ou ampliações em empreendimentos já licenciados; 2 - a possibilidade de empreendimento ou atividade não licenciada no nível estadual poderem o ser no nível municipal; 3 - possibilidade de um único processo de licenciamento ambiental para empreendimentos: atividades similares, complementares e vizinhos, integrantes de planejamento estatal.</p>	<p>Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF). A hipótese de solicitação e expedição das Licenças Prévia e de Instalação de forma concomitante para empreendimentos ou atividades enquadradas nas classes 3 ou 4.</p>

<p>Deliberação Normativa COPAM n.º 217/2017</p>	<p>O novo regulamento não adota mais a AAF, voltando a dispor que a totalidade das atividades enquadradas nas classes de 1 a 6 estão sujeitas ao licenciamento.</p> <p>I- Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS): realizado em uma única etapa, com cadastro (LAS/Cadastro) de forma eletrônica ou apresentação de um Relatório Ambiental Simplificado – RAS, que descreve o empreendimento ou atividade e as medidas de controle ambiental adotadas (LAS/RAS);</p> <p>II – Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC): a possibilidade de requerimento, análise e concessão de licenças concomitantes, já prevista anteriormente, podendo a partir de então abranger a LP, LI e LO;</p> <p>III – Licenciamento Ambiental Trifásico (LAT): que corresponde ao licenciamento ambiental já adotado. Estabelece as regras quanto aos estudos ambientais, quais sejam: Relatório Ambiental Simplificado (RAS), Relatório de Controle Ambiental (RCA), Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima), Plano de Controle Ambiental (PCA) e Relatório de Avaliação do Desempenho Ambiental (Rada).</p> <p>A norma regulamenta a inclusão de critérios locacionais de enquadramento, previstas na Diretiva COPAM n.º 02 de 2009, e fatores de restrição e vedação. Para os critérios locacionais que referem-se à relevância e à sensibilidade dos componentes ambientais que os caracterizam, a norma atribui pesos 01 (um) ou 02 (dois) (art. 6º, § 1º) que serão conjugados com a classe do empreendimento (porte e potencial poluidor) para a definição da modalidade de licenciamento aplicável. Já os fatores de restrição e vedação não alteram o enquadramento, mas devem ser considerados nos estudos de impacto ambiental a serem entregues ao órgão ambiental. A norma prima pelo planejamento da atividade em relação ao território e seus atributos através da instituição da Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE/SISEMA, racionaliza o uso de condicionantes ambientais.</p>	<p>Altera a lógica predominante do uso do licenciamento trifásico como único modelo viável de gestão ambiental. Licenciamento ambiental simplificado – LAS e Licenciamento Ambiental Concomitante – LAC.</p> <p>Inserção do fator locacional, cuja a ferramenta de suporte para a verificação foi disponibilizada Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE-Sisema - Resolução SEMAD/FEAM/IEF/IGAM n.º 2.466/2017.</p> <p>Racionaliza e define o uso das condicionantes ambientais.</p> <p>Dispensa de renovação de licença de operação para algumas atividades listadas.</p>
--	---	---

Tabela 1 – Sistematização das Deliberações Normativas do COPAM sobre licenciamento ambiental

Somente a partir de 2015 foi possível adotar uma nova abordagem para a inserção do critério locacional no enquadramento das atividades passíveis de licenciamento. A definição das premissas da atual DN COPAM nº 217/2017 baseou-se em num amplo processo de discussão técnica no âmbito do SISEMA e em reuniões técnicas com setores representativos, incluindo uma consulta pública pela internet, que permitiu compilar 571 manifestações. Foram realizadas seis reuniões ordinárias e extraordinárias no COPAM, até que o texto final fosse aprovado em 06/12/2017. Os principais marcos institucionais e normativos estão apresentados na Figura 1.

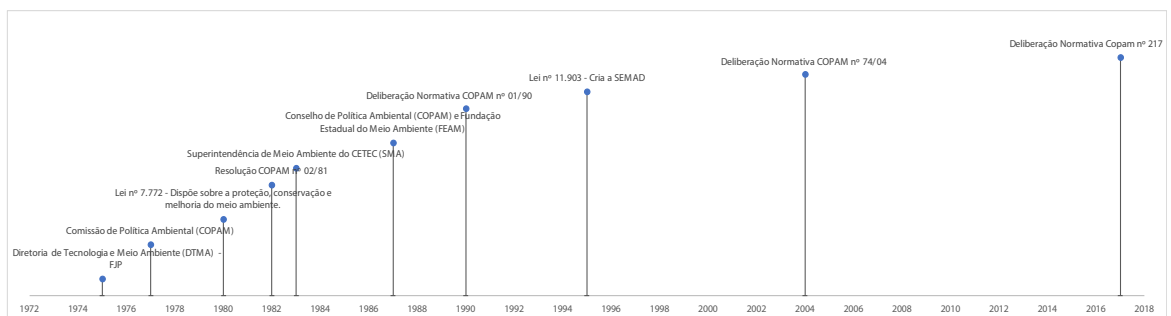


Figura 1 - Marcos institucionais e normativos do licenciamento ambiental em MG

A aplicação dos critérios locacionais e a verificação da interface de um determinado empreendimento com critérios de vedação ou restrição tornou-se possível pela disponibilização da Plataforma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE-Sisema). Esta tem como objetivo promover a adequada organização de dados geoespaciais oriundos

das atividades, programas e projetos ambientais e de recursos hídricos desenvolvidos pelo Sisema. De um lado possibilitou-se o planejamento do empreendimento pelo interessado e conhecimento das regras aplicáveis ao seu caso mesmo antes de se iniciar qualquer procedimento junto a Administração Pública e, de outro, possibilitou que o próprio analista ambiental do SISEMA tivesse um cenário mais claro e moderno para a tomada de decisão. A inserção da variável locacional foi a principal inovação no novo regulamento do licenciamento, corroborando com as diretrizes do Banco Mundial e com os desafios enumerados pela ABEMA.

ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS LOCACIONAIS

Em 2015 a Cia. de Saneamento de Minas Gerais – COPASA consultou a SEMAD acerca do licenciamento do Aterro Sanitário do município de Varginha, localizado no sul do Estado, que seria a primeira iniciativa da empresa na gestão de resíduos sólidos urbanos. O município havia obtido, anteriormente, as Licenças Prévia e de Instalação para uma ETE, houve início das obras, mas o projeto não prosperou e a validade das licenças expirou. Assim, a localização do empreendimento já estava definida e havia a intenção de aproveitar algumas fundações já executadas, visando à redução de custos.

O projeto do aterro sanitário previa a operação de 115 ton/dia (volume total de resíduos a serem tratados e/ou dispostos, em final de plano), que conjugada com o potencial poluidor Médio, resultando no enquadramento do empreendimento na Classe 3, segundo a DN COPAM nº 74/2004 vigente à época.

A análise técnica dos critérios locacionais resultou no mapa da Figura 2, que demonstrou que não havia nenhuma interferência da área disponível para implantação do aterro sanitário (em vermelho) com critérios locacionais ou até mesmo com fatores de vedação ou restrição, como depois foi definido pela DN COPAM nº 217/2017.

Deste modo foi possível subsidiar uma discussão tecnicamente fundamentada entre o município, a COPASA e o Ministério Público, que havia expressado o entendimento da necessidade de EIA. A avaliação permitiu a convergência para um entendimento que o estudo poderia ser dispensado, sem prejuízos à avaliação de impacto ambiental do empreendimento de relevante interesse público.

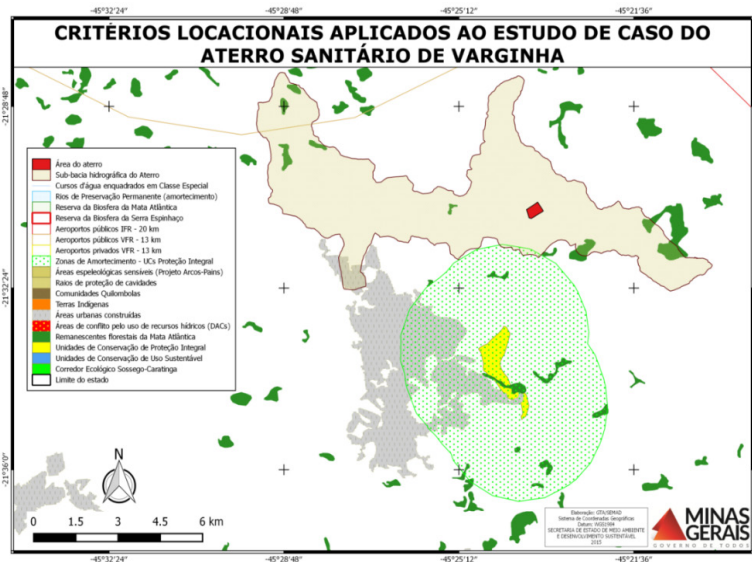


Figura 2 – Mapa dos critérios locais aplicados ao licenciamento ambiental do Aterro Sanitário de Varginha/MG (2015)

Cabe esclarecer que o licenciamento ambiental do aterro de Varginha ocorreu em duas fases – Licença de Instalação e Licença de Operação, esta última concedida em 10/05/2017. Se o processo fosse formalizado após a entrada em vigor da DN COPAM nº 217/2017 o empreendimento de Classe 3 e Critério Locacional “0” (zero) seria enquadrado na Licença Ambiental Simplificada (LAS), com apresentação de Relatório Ambiental Simplificado (RAS).

CONCLUSÃO

A evolução do licenciamento ambiental em Minas Gerais refletiu avaliações de ordem técnica, dos próprios órgãos ambientais competentes, demandas de contexto da evolução tecnológica e da própria sociedade. Desde o início, o Estado destacou-se pela participação social na área ambiental, tanto nos aspectos gerais como na evolução do licenciamento, em processo de discussão com os setores representativos, respeitando as particularidades e diferenças socioambientais do território.

A recente inovação da consideração do fator locacional no enquadramento dos empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras foi possível pela também recente disponibilidade de geotecnologias de domínio livre. Fato esse que permitiu dar um salto de qualidade no modelo de licenciamento adotado no Estado expandindo a análise dos processos para uma abordagem territorial, no lugar da clássica abordagem individual da avaliação de impactos de cada empreendimento. Este avanço também decorre da melhor organização das regras para fluxo dos processos do instrumento, como as referentes, por exemplo, a prazos das licenças, monitoramento e uso das condicionantes e organização do COPAM.

Este cenário cria uma nova perspectiva na gestão ambiental, baseada na racionalização dos processos administrativos e foco no aprofundamento dos estudos

ambientais para licenciamento de atividades que possuam interferências com atributos ambientais relevantes do território. A aplicação desta inovação no modelo é recente e certamente irá permitir, a médio e longo prazos, a integração do licenciamento ambiental com outros instrumentos de gestão previstos na Política de Meio Ambiente, ainda timidamente utilizados no Brasil, que adotam recortes territoriais para análise, como as ferramentas da Avaliação ambiental Integrada, a Avaliação Ambiental Estratégica e o Zoneamento Ecológico e Econômico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENTIDADES ESTADUAIS DE MEIO AMBIENTE -ABEMA. **Novas Propostas para o Licenciamento Ambiental no Brasil**. Brasília: ABEMA, 2013.

COMISSÃO DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Legislação ambiental/ COPAM**. 3ª ed. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1986. 183 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **A questão ambiental em Minas Gerais: discurso e política**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Centro de Estudos Históricos e Culturais, Fundação João Pinheiro, 1998. 328p.

MINAS GERAIS. **Decreto n.º 18.466, de 29 de abril de 1977**. Institui a Comissão de Política Ambiental – COPAM – e dá outras providências. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=18466&comp=&ano=1977&aba=js_textoOriginal#texto>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MINAS GERAIS. **Lei n.º 7.772, de 8 de setembro de 1980**. Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=7772&comp=&ano=1980>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

MINAS GERAIS. **Decreto n.º 21.228, de 10 de março de 1981**. Regulamenta a Lei n.º 7.772, de 8 de setembro de 1980, que dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=21228&comp=&ano=1981>>. Acesso em: 12 ago. 2018. 1981a

MINAS GERAIS. COMISSÃO DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Resolução n.º 02/81, de 26 de maio de 1981**. Estabelece diretrizes para implantação do licenciamento de fontes poluidoras no Estado. Legislação ambiental/ COPAM. 3ª ed. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1986. p. 112-114. 1981b

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Deliberação Normativa n.º 01, de 22 de março de 1990**. Estabelece os critérios e valores para indenização dos custos de análise de pedidos de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=95>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Deliberação Normativa n.º 74, de 09 de setembro de 2004**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37095>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. **Deliberação Normativa Copam n.º 217, de 06 de dezembro de 2017**. Estabelece critérios para classificação,

segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em:<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

WORLD BANK. **Getting to Green—A Sourcebook of Pollution Management Policy Tools for Growth and Competitiveness**. Washington, DC: 2012. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/560021468330349857/pdf/716080WP0Box370Getting0to0Green0web.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2018

ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS

Arini de Menezes Costa

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB
Redenção – Ceará

Neyla Danquá dos Ramos

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB
Redenção – Ceará

Antonio Alisson Pessoa Guimarães

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB
Redenção – Ceará

RESUMO: O presente trabalho apresenta uma metodologia para previsão diária de radiação solar incidente, a partir de métodos computacionais. A previsão diária de radiação solar tem um impacto para a área de planejamento energético, tornando-se uma referência para a implantação e desenvolvimento de projetos de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento residencial da energia solar. Contudo, os dados de previsão solar não estão disponíveis em todas as cidades ou regiões de interesse, devido a ausência de estações meteorológicas. Portanto, com o propósito de contornar tal situação, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos computacionais de estimação que possam responder de forma satisfatórias aos métodos científicos convencionais. Diante de

todo esse contexto, tal artigo visa o estudo de previsão de radiação solar por modelagem computacional baseada em Redes Neurais Artificiais (RNA's) Perceptron Multicamadas para a região serrana do Maciço de Baturité, a qual está localizada no Estado do Ceará. Para o referido trabalho, considera-se como parâmetros de entrada da RNA, para a previsão de radiação solar, os seguintes aspectos geográficos e meteorológicos: temperatura máxima média, precipitação, umidade relativa do ar, nebulosidade e pressão atmosférica, durante os meses de janeiro e fevereiro, compreendidos entre os anos de 1995 a 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Solar, Previsão, Energia Solar, Redes Neurais Artificiais, Modelagem Computacional.

SOLAR RADIATION ANALYSIS IN THE MONTHS OF JANUARY AND FEBRUARY FOR COMPUTATIONAL MODELING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT: The present work presents a methodology for daily prediction of incident solar radiation, using computational methods. The daily forecast of solar radiation has an impact on the area of energy planning, becoming a reference for the implantation and development of projects of photovoltaic plants

and residential use of solar energy. However, solar forecast data are not available in all cities or regions of interest due to the absence of weather stations. Therefore, in order to overcome this situation, it is necessary to develop computational estimation models that can respond satisfactorily to conventional scientific methods. Considering all this context, this article aims to study the prediction of solar radiation by computational modeling based on Artificial Neural Networks (RNA's) Perceptron Multicamadas for the mountainous region of the Baturité Massif, which is located in the State of Ceará. For the aforementioned work, the following geographic and meteorological aspects are considered as RNA input parameters for the solar radiation forecast: average maximum temperature, precipitation, relative humidity, cloudiness and atmospheric pressure, during the months of January and February, between the years of 1995 and 2018.

KEYWORDS: Solar radiation, Forecasting, Solar energy, Artificial neural networks, Computational modeling.

1 | INTRODUÇÃO

Com o aumento da preocupação e interesse na conservação de energia e proteção ambiental, o mundo de hoje está se movendo para uma nova era: transição da dependência quase total do combustível fóssil para uma maior utilização de fontes alternativas e renováveis de energia. A preservação do meio ambiente requer mais pesquisas sobre os diferentes recursos energéticos indispensáveis à vida humana. Nesse sentido, destaca-se a energia solar, a qual tem um impacto benéfico no que diz respeito à visão técnica, ambiental e política.

A energia solar está disponível livremente e pode ser facilmente aproveitada para reduzir a nossa dependência de energia à base de hidrocarbonetos. Segundo Villalva (2018), para a produção de energia elétrica existem basicamente três de sistemas: o hélio-térmico, a termo solar e o fotovoltaico.

Em sistemas hélio-térmico, a irradiação solar é convertida em calor que é utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade. Essa tecnologia utiliza espelhos para concentrar energia do sol e convertê-la em calor de alta temperatura para produzir vapor que aciona as turbinas para gerar energia elétrica.

No caso termo solar, tem-se um mecanismo de transferência do calor do sol para aquecimento de água e ar através de coletores térmicos. Apesar de não ser uma geração de eletricidade propriamente dita, seu uso é importante por ser capaz de reduzir o consumo elétrico, notadamente no horário de pico da carga. Estima-se que 8% de toda a eletricidade consumida no Brasil sejam utilizadas para o aquecimento de água. O que representa entre 18% e 25% da demanda no pico de carga do sistema elétrico (ANEEL, 2005).

Por fim, para o sistema fotovoltaico tem-se a célula fotovoltaica que é a unidade fundamental do processo de conversão. Estas células são componentes óptico-eletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. São

basicamente constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o material mais empregado. Ao incidir a luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons que a integram chocam-se com os elétrons da estrutura do silício tipo P dando-lhes energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado, os elétrons são orientados e fluem, gerando assim um fluxo de elétrons (corrente elétrica) na conexão. Enquanto a luz continuar a incidir na célula, o fluxo de elétrons se manterá. A intensidade da corrente gerada variará proporcionalmente conforme a intensidade da luz incidente (VILLALVA, 2018).

Segundo a *European Photovoltaic Industry Association – EPIA* (2013), nos últimos anos, houve um aumento expressivo nos investimentos em geração de energia elétrica a partir da implantação de parques geradores de energia solar em várias partes do mundo. A capacidade total fotovoltaica instalada em todo o mundo atingiu mais de 67,4 GW no final de 2011. Além disso, a energia solar é atualmente, depois de hidroeletricidade e eólica, o terceiro tipo de energia renovável mais importante em termos de parques instalados globalmente. Especificamente, a taxa de crescimento em 2011 chegou a quase 70%, um nível de destaque entre todas as tecnologias renováveis. Os relatórios da EPIA ainda mencionam que produção total de energia elétrica via células fotovoltaicas pode chegar a 80 bilhões de kWh e esta quantidade de energia é suficiente para cobrir as necessidades de fornecimento de energia anuais de mais de 20 milhões de famílias em todo o mundo.

No que diz o *Joint Research Centre – JRC* (2011), as taxas de crescimento anuais ao longo dos últimos dez anos foram mais de 40%, em média, o que torna o setor fotovoltaico uma das indústrias de mais rápido crescimento no presente. Muitos analistas de negócios vislumbram que os investimentos em pesquisa, tecnologia e indústria pode chegar a 70 bilhões de euros em 2015, enquanto os preços para os consumidores estão continuamente diminuindo, ao mesmo tempo. Paralelamente, a capacidade de mercado do setor fotovoltaico chinês em 2010 estava entre 500-700 MW, elevando a capacidade instalada acumulada de cerca de 1 GW (WANG *et al.*, 2012). Este foi um aumento significativo de 160 MW em comparação com 2009, mas ainda são apenas 5 a 7% da total produção da China no sistema energético. Ainda segundo Wang *et al.* (2012), o novo plano de desenvolvimento de energias renováveis elaborado pelo governo chinês propõe a instalação de outros parques geradores de energia solar que produzirão uma capacidade de 20 GW até 2020.

No Brasil e, particularmente, no Estado do Ceará se observa essa tendência mundial de aumento nos investimentos na geração de energia solar, apesar de ser um movimento ainda tímido. Em meio ao clima semiárido do Estado, o município de Tauá foi escolhido para sediar a Usina Solar de Tauá por apresentar vantagens técnicas sobre os demais. A cidade, a cerca de 360 quilômetros da capital Fortaleza, passou por um processo seletivo rigoroso. Tauá concorreu com outros dois municípios cearenses: Irauçuba e Sobral, ambos privilegiados por uma intensa radiação solar. Contudo, Tauá foi o município escolhido, caracterizado por receber uma média de 177,7 horas de

radiação solar, por mês, no primeiro semestre do ano, e 244,8 horas de radiação no segundo semestre (SOLAR TAUÁ, 2012).

No que diz Solar Tauá (2012), com base em dados históricos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), desde 1961 até 1990, medidos através de uma estação meteorológica localizada no município de Tauá, a alocação de tal usina levou em consideração alguns fatores, tais como: as médias anuais de Temperaturas (mínima, média e máxima), bem como dados referentes à Irradiação Global Horizontal, Precipitação Total e Nebulosidade.

A cidade conta ainda com infraestrutura viária instalada e com a proximidade de uma subestação da Eletrobrás/Chesf. Com o rótulo de município inovador, os seus programas de inclusão digital são amplamente conhecidos, capacitando moradores da área a utilizar equipamentos de informática e disponibilizando internet em locais de fácil acesso à população. A usina vem despertando o interesse da comunidade acadêmica, com a tendência de que o turismo científico ganhe cada vez mais espaço entre as atividades econômicas. Já existe uma parceria com a Universidade Estadual do Ceará (UECE), no campus de Tauá, para o monitoramento dos dados obtidos na operação da Usina Solar. Desta forma, universitários serão capacitados na área de energia solar, realizando estudos que podem ajudar na evolução do conhecimento sobre a fonte no Brasil.

A usina tem potência nominal de aproximadamente 1MWp, o suficiente para suprir 1.500 residências, gerando 1,56GWh por ano. Para isto estão instalados 4.680 painéis fotovoltaicos de alta tecnologia, em uma área de 12 mil metros quadrados. No futuro, a potência da usina poderá ser estendida até 5 MWp, já que possui autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) para o aumento da capacidade instalada. E o projeto permite ainda, pelas características do terreno disponível, a ampliação gradual da usina para até 50 MWp (SOLAR TAUÁ, 2012).

Por outro lado, segundo nota da imprensa local (Jornal Tribuna do Ceará), em 2013 o Ceará recebeu investiu cerca de 80 milhões de reais para instalação uma nova usina no Estado, sendo esta no Município de Russas que se localiza a 160 quilômetros da capital. Tal usina terá capacidade para abastecer uma cidade com cerca de 100 mil habitantes, cuja instalação destina-se uma potência estimada de 10 MW.

Diante de tudo que foi exposto, ferramentas de estimativa de radiação solar são importantes na concepção de sistemas solares. Em um contexto geral, ao utilizar energia solar exige-se uma estimativa exata da radiação solar em locais propostos. Este assunto normalmente é possível através de equipamentos de medição, mas estes dispositivos não estão disponíveis em alguns lugares remotos ou zonas rurais que especialmente possuem potencial de instalação de usinas. Para tais situações, faz-se uso de ferramentas analíticas ou computacionais como modelos de previsões, os quais proporcionam boas estimativas do potencial de energia solar.

Portanto, é essencial para prever a radiação solar, em um determinado local, fazer

uso de várias variáveis climáticas. A seguir são listadas algumas dessas variáveis: insolação, temperatura ambiente máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, altitude, latitude, longitude, mês e dia do ano, radiação global diária, cobertura total de nuvens, índice de claridade, nebulosidade média, velocidade média dos ventos, pressão atmosférica, radiação difusa média, etc. Dentre estas, a insolação é facilmente disponível e medida na maior parte os locais do globo, por isso, é efetivamente utilizada para a modelagem de radiação solar (MENEZES NETO; COSTA; RAMALHO, 2009). Em resumo, a climatologia e a meteorologia são parâmetros fundamentais na indicação da quantidade de radiação solar na região selecionada. Por sua vez, a aplicação de redes neurais artificiais (RNA's) pode ser uma ferramenta valiosa na determinação dos efeitos de tais parâmetros e, conseqüentemente, apresentar resultados de previsão de radiação solar plausíveis.

Em linhas gerais, uma RNA fornece uma maneira computacionalmente eficiente de determinação empírica, adotando um relacionamento possivelmente não linear entre as variáveis de entrada e uma ou mais variáveis de saída. Além disso, tal recurso computacional é aplicado em problemas de modelagem voltados a identificação, otimização, previsão e controle de sistemas complexos, dentre outros (HAYKIN, 1994). Conseqüentemente, diante das variáveis propostas, ela pode ser utilizada para prever a radiação solar em uma determinada área, o qual é objeto de estudo desse artigo científico.

Em suma, este trabalho de pesquisa tem como objetivo, mediante a utilização de Redes Neurais Artificiais, fornecer uma estimativa de radiação solar na região serrana do Maciço de Baturité para os meses de janeiro e fevereiro de 2019.

2 | JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A energia que recebemos do Sol é indispensável para a vida na Terra, pois ela é responsável por diversos processos que ocorrem em nosso planeta, desde a fotossíntese realizada pelas plantas até os fenômenos atmosféricos. Esta energia pode também ser aproveitada para gerar energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos, ou para aquecimento.

O Estado do Ceará é abundante na quantidade de energia solar e sua conversão em energia elétrica deve ser estimulada, o que certamente contribuirá para poupar a água armazenada nos reservatórios das usinas hidroelétricas, permitindo o seu uso para fins mais nobres, já que a região citada sofre bastante com problemas de escassez de água.

Especificamente, este trabalho propõe-se a apresentar uma metodologia, via Redes Neurais Artificiais, para estimar a quantidade de radiação solar na região serrana do Maciço de Baturité, a qual a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) está inserida.

Com mais detalhes, o Maciço do Baturité/CE possui uma área de 4.820 km² e

abrange treze municípios: Acarape, Aracoíaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Itapiúna, Guaramiranga, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia, e Redenção. A região possui uma população de 274.634 habitantes e densidade demográfica de 57 habitantes por quilômetro quadrado, com cerca de 65% em áreas urbanas e 35% na zona rural (IPECE, 2010). Dados censitários de 2010 indicam que a população economicamente ativa abrange quase 61% do total, sendo que destes apenas 11, 6% possuem emprego formal. Além disso, cerca de 31% vivem em situação de extrema pobreza e apenas 3% tem renda mensal superior a dois salários mínimos (IPECE, 2010). As cidades que compõem a região serrana, com suas respectivas altitudes, são: Baturité (175 metros), Palmácia (704 metros), Pacoti (736 metros), Mulungu (801 metros), Aratuba (830 metros) e Guaramiranga (865 metros).

Diante do exposto anteriormente, o mapeamento da radiação solar incidente na região serrana do Maciço de Baturité, bem como nas outras regiões do Estado, é de extrema importância para o planejamento energético regional. Desse modo, isto permite que projetos de instalação de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento de energia solar pelas mais diversas tecnologias, possam ser efetuados em uma base sólida, que reduza os riscos econômicos e estratégicos para os investidores ou o próprio governo.

Por fim, a importância deste setor de estudo apresenta-se diretamente relacionada com a velocidade dos avanços tecnológicos, sustentabilidade, e das mudanças no cenário econômico-ecológico mundial. Desta forma, tal estudo é de extrema relevância aos interesses da UNILAB, pois se enquadra em suas diretrizes e está contextualizado ao perfil dos desafios propostos pelo Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável (IEDS). Além disso, os potenciais resultados poderão contribuir com o desenvolvimento tecnológico e energético do Estado do Ceará, bem como alavancar o setor econômico da região.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

A busca de métodos, baseados em modelos para a previsão de curto, médio e longo prazo, passou a despertar especial interesse, tanto de gestores quanto de pesquisadores nas mais diversas áreas, tais como economia, marketing, finanças e engenharia. Os modelos tradicionais de previsão – baseados em ferramentas estatísticas – ainda hoje são amplamente usados. Entretanto, devido ao acelerado avanço tecnológico observado nas duas últimas décadas, as pesquisas passaram a ser direcionadas para o uso de ferramentas mais modernas para desempenhar a tarefa de fazer previsões.

Por exemplo, no trabalho de Guarnieri *et al.* (2007), para a estimativa de radiação solar incidente, foi proposto o uso de redes auto organizáveis em um modelo de estrutura hierárquica via redes neurais e, paralelamente, o modelo estatístico de Regressão Linear de múltiplas variáveis, com a proposta de comparar tais resultados

e testar a eficiência de cada método.

Portanto, prever radiação solar, mesmo com um dia de antecedência, envolve muitas incertezas. Parte da incerteza é relacionada ao fato de a incidência de radiação solar na superfície terrestre ser dependente das condições meteorológicas, especialmente nuvens, envolvendo processos físicos não lineares de transmissão de radiação. Outra parcela de incertezas é relacionada à própria imprecisão na obtenção de previsões das condições de tempo futuros pelos modelos numéricos, bem como de propriedades óticas do estado atmosférico futuro, devido à natureza caótica e não-linear da evolução do tempo meteorológico (GUARDIERI et al., 2007). Apesar de tais incertezas, alguns modelos numéricos de previsão possuem códigos de parametrização de radiação, uma vez que a energia solar alimenta a quase totalidade dos processos atmosféricos e atua como uma força em movimentos de ar de diferentes escalas. Contudo, estudos têm mostrado que esta previsão de radiação é sistematicamente superestimada (CHOU *et al.*, 2002; HINKELMAN *et al.*, 1999).

Grande parte dos trabalhos publicados na literatura referente ao estudo de previsão de radiação solar tem adotado especificamente a estimativa da radiação solar global, segundo duas importantes componentes: a direta e a difusa. Contudo, há necessidade de se estimar estas componentes na ausência de valores medidos. Davies e McKay (1982) e Gueymard (1993) usaram modelos de transferência radiativa na estimativa de radiação solar direta. Esses modelos levam em conta as interações entre a radiação solar direta e a atmosfera terrestre. O problema com o uso de tais modelos é a indisponibilidade de algumas informações atmosféricas necessárias. Por outro lado, modelos mais simples que relacionam a radiação solar direta com radiação global foram desenvolvidos por Louche *et al.* (1991). Por sua vez, Mubiru et al. (2004), propuseram outros modelos empíricos que fazem a previsão em relação à umidade e massa de ar absoluta; a precisão da previsão encontrada foi de $\pm 10\%$ com limites de confiança de 95%.

No entanto, a natureza incerta da radiação solar e as habilidades da modelagem das Redes Neurais Artificiais têm inspirado a aplicação de técnicas de RNA para prever a radiação solar (GUARDIERI et al., 2007). Geralmente, as redes neurais têm sido aplicadas com sucesso em várias áreas de aplicação, tais como: Matemática, Engenharia, Medicina, Economia, Meteorologia, Psicologia, Neurologia, etc. Obviamente, há uma larga variedade de aplicações incluindo: o reconhecimento de padrões, problema de classificação, aproximação de funções e previsões, problema de otimização e controle, compressão de dados, diagnósticos, detecção de falhas, processamento de digital de sinais, dentre outros (HAYKIN, 1994).

Ainda segundo Haykin (1994), uma rede neural é um sistema inteligente que tem a capacidade de aprender, memorizar, e criar relações entre dados. Além disso, é um tipo de técnica de Inteligência Artificial que imita o comportamento do cérebro humano. As RNAs têm a capacidade de modelar sistemas lineares e não-lineares, sem a necessidade de fazer pressupostos implicitamente como na maioria das abordagens

estatísticas tradicionais. Com um pouco mais de detalhes, a rede geralmente consiste de uma camada de entrada, algumas camadas ocultas e uma camada de saída. Na sua forma mais simples, cada neurônio é conectado a outros neurônios de uma camada anterior através de pesos sinápticos adaptáveis. Na sequência, durante o processo de treinamento, os pesos de conexão são modificados de certa maneira, usando um método de aprendizagem adequado. A rede utiliza um modo de aprendizagem, no qual uma entrada é apresentada para a rede, juntamente com a saída desejada e as ponderações são ajustadas de modo a que a rede tenta produzir o resultado desejado. Portanto, os pesos, após o treinamento contêm informações significativas.

Recentemente, modelos de redes neurais artificiais têm sido utilizados com sucesso na modelagem climática Krasnopolsky e Fox-Rabinovitz (2006), na previsão de temperatura da superfície do mar Wu *et al.* (2006), na geração de “perda de carga de probabilidade” direcionadas as curvas para o dimensionamento de sistemas PV autônomos Hontoria *et al.* (2005) e na estimativa radiação solar médio mensal ver Muribu (2004).

4 | METODOLOGIA

Para este trabalho, mediante a utilização de Redes Neurais Artificiais, propõe-se uma estimativa de radiação solar nas cidades que compõem a região serrana do Maciço de Baturité. Contudo, para obter êxito nas execuções das atividades, seguir-se-á a seguinte metodologia que consiste em contemplar, basicamente, algumas etapas:

1. Coleta de dados.
2. Pré-processamento dos dados.
3. Construção e treinamento da RNA.
4. Análise de erro de aproximação.
5. Análise dos resultados.

Na sequência, são descritos cada etapa sucintamente:

4.1 Coleta de dados

Coleta e preparação de dados de amostra é o primeiro passo na concepção de modelos da RNA. A priori, tomou-se como variáveis de entrada do referido modelo, os dados de medição de temperatura máxima (°C), velocidade dos ventos, a média de umidade relativa do ar (%), precipitação, nebulosidade média e pressão atmosférica. Por sua vez, o parâmetro radiação solar (kWh/m²), foi tomada como variável de saída da rede. Os dados foram referentes a região serrana do Maciço, para os meses de

janeiro e fevereiro durante o período 2005-2018, ou seja, um período de 13 anos, cujos dados foram coletados por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.2 Pré-processamento dos dados

Após a coleta de dados, alguns procedimentos de pré-processamento de dados foram realizados com o objetivo de treinar a RNA de forma mais eficiente, tais como: resolver o problema de preenchimento de falhas de dados (*missing data*), análise das variáveis de insignificância estatística para que não sejam incorporadas na execução da RNA (nenhuma delas foi descartada), e normalização os dados. Para o desenvolvimento da rede escolheu-se o *GNU Octave*, o qual é um *software* livre e possui grande compatibilidade com o MATLAB.

4.3 Construção e treinamento da RNA

A arquitetura escolhida para RNA foi do tipo *feedforward* de camada múltipla com processo de aprendizado supervisionado. Para a topologia da rede, foram escolhidas seis variáveis de entradas, as quais foram descritas na Subseção 4.1; três camadas ocultas, sendo dois neurônios em cada camada; uma camada de saída, cujos resultados são comparados como os índices de radiação solar coletados pelo bando de dados do INMET e para cada camada, exceto na de saída, foi acrescentado um limiar de ativação (*bias*). Na sequência, tomou-se a função logística como função de ativação da rede e, por fim, adotou-se algoritmo *backpropagation* para o treinamento da rede.

4.4 Análise de erro de aproximação

A precisão da previsão de radiação solar foi avaliada com base no Erro Quadrático Médio (EQM), com base na diferença entre os valores gerados pela rede e os valores reais disponíveis no banco de dados do INMET.

4.5 Análise dos resultados

Discutiremos tais resultados na seção subsequente.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados foram realizados em conformidade com os procedimentos metodológicos propostos e a análise dos índices de radiação solar forma separados para os meses de janeiro e fevereiro, cujos meses para a região serrana do Maciço apresentam, geralmente, bons índices precipitação. Além disso, com intuito de garantir que algoritmo tenha capacidade de generalização, os dados foram subdivididos em três conjuntos: treinamento (70% dos dados), validação (15%)

e teste (15%). Contudo, para apresentar o comportamento da convergência do Erro Quadrático Médio (EQM) e o processo de validação cruzada entre o número de épocas do modelo, plotou-se apenas os conjuntos de validação e teste, as figuras subsequentes deixarão claras essa afirmação. Importante comentar que toda a RNA e o processo de análise de erros foram desenvolvidos pelo próprio grupo de pesquisa, o qual está inserido este trabalho, não sendo utilizado qualquer tipo de *Toolbox* ou algoritmo pronto.

Análise do mês de janeiro (período 1995 - 2018)

A Figura 1, sumariza as curvas de treinamento e validação na análise dos índices de radiação solar, para o período supramencionado, tendo no eixo das abcissas o número de épocas do processo de aprendizagem da RNA e no eixo das ordenadas, os valores de EQM. O número de épocas representa a quantidade de vezes que os dados serão processados até chegar aos parâmetros desejados.

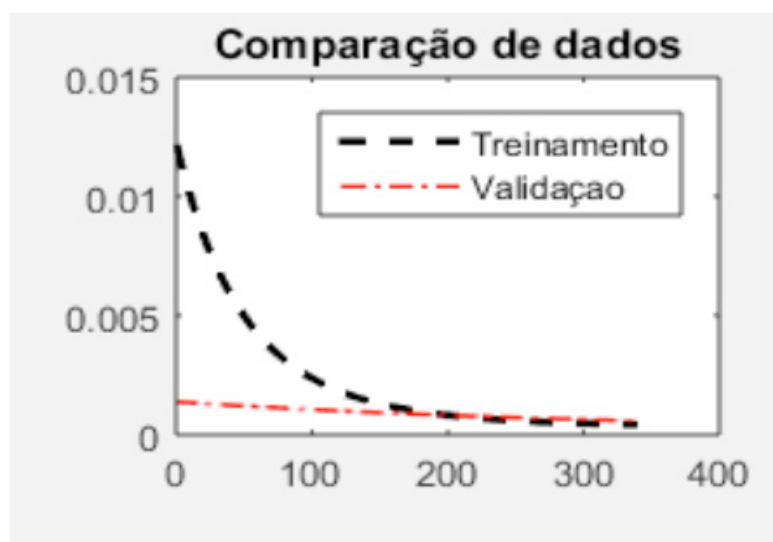


Figura 1 – Comparação entre os dados de treinamento e validação (mês de janeiro).

Fonte: Autores, 2019.

Como esperado, as curvas de treinamento e validação convergiram, diante do processo de aprendizagem da RNA, para pequenos valores de Erro Quadrático Médio. Além disso, no final da validação cruzada entre as curvas, nota-se um valor ligeiramente maior de EQM para o conjunto de validação. Tal afirmação é justificada pelo fato de o referido conjunto representar apenas 15% do total dos dados disponíveis, os quais são retirados de matriz denominada de matriz de treinamento.

Os comportamentos do EQM das curvas, em função do número de épocas de treinamento, ilustram convergência rápida desse do algoritmo de aprendizagem. Especificamente, para o mês de janeiro, obteve-se 350 épocas e um baixo EQM, o qual ficou em torno de 0,0012. Concluindo, assim, que índices obtidos pela rede são suficientemente próximos dos disponibilizados pelo INMET. Além disso, tal rede é capaz de generalização, ou seja, ao ser fornecida uma entrada, o sistema apresenta

uma saída corresponde e plausível para o ano corrente.

Análise do mês de fevereiro (período 1995 - 2018)

Na sequência, na Figura 2 tem-se as curvas de treinamento e validação na análise dos índices de radiação solar referente ao mês de fevereiro.

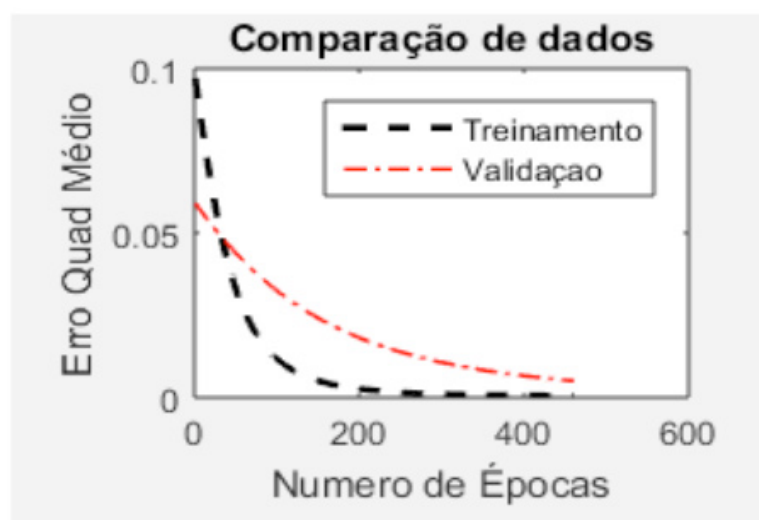


Figura 2 – Comparação entre os dados de treinamento e validação (mês de fevereiro).

Fonte: Autores, 2019.

A análise das curvas é semelhante ao caso da Figura 1. Porém, nesse caso houve um menor EQM no treinamento do algoritmo (aproximadamente 0,0001), o que implica em excelentes resultados de aproximação entre os valores reais e os obtidos pela rede. Em contrapartida, o processo de aprendizagem finalizou com 430 épocas, gerando um pouco mais de carga computacional.

6 | CONCLUSÃO

A partir deste trabalho foi possível propor um estimador de índices de radiação solar para os meses de janeiro e fevereiro do ano de 2019, a partir da construção de uma RNA com treinamento supervisionado, tendo como variáveis de entrada para a rede: temperatura máxima (°C), velocidade dos ventos, a média de umidade relativa do ar (%), precipitação, nebulosidade média e pressão atmosférica.

Os resultados obtidos, mediante a arquitetura e topologia proposta à rede, foram suficientemente próximos entre os valores desejados e os gerados na saída da rede, e tais aproximações foram comprovadas pelo método do Erro Quadrático. Ademais, constatou-se uma rápida velocidade de convergência no processo de aprendizagem.

Por fim, para trabalhos futuros pretende-se aperfeiçoar o processo do algoritmo *backpropagation* com o objetivo de tornar o processo de convergência mais rápido ou eficiente. Lembrando que todo algoritmo proposto por este trabalho foi desenvolvido pelo próprio grupo de pesquisa.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC/UNILAB pela concessão de bolsa, cujo trabalho foi decorrente de um projeto de IC. Agradecemos também ao Grupo de Pesquisa em Sinais, Sistemas e Inovação (PROSAS/UNILAB) pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica – ANEEL**. 2 ed. Brasília, 2005.

CHOU, S. C.; TANAJURA C. A. S.; XUE, Y.; NOBRE, C. A. **Validation of the coupled Eta/SsiB model over South América**, Journal of Geophysical Research, vol.107, n. D20, pp.1-20, 2002.

DAVIES, J. A.; MCKAY, D. C. **Estimating solar irradiance and components**, Solar Energy, vol. 29, no. 1, pp. 55–64, 1982.

EPIA. EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global Market Outlook: For Photovoltaics**. Brussels, 2013. Disponível em: <<http://www.epia.org/news/publications/>>. Acesso em: jan. 2019.

GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; CHAN, C. S. **Previsões de Radiação Solar Utilizando Modelo de Mesoescala: Refinamento com Redes Neurais**. I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza-CE, 2007.

GUEYMARD, C. **Critical analysis and performance assessment of clear sky solar irradiance models using theoretical and measured data**, Solar Energy, vol. 51, no. 2, pp. 121–138, 1993.

HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**, Macmillan, New York, NY, USA, 1994.

HONTORIA, L.; AGUILERA, J.; ZUFIRIA, P. **A new approach for sizing stand alone photovoltaic systems based in neural networks**, Solar Energy, vol. 78, no. 2, pp. 313–319, 2005.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. [Online] <http://www.inmet.gov.br/>

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2010. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: mar. 2017.

JOINT RESEARCH CENTRE (JRC). **Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics**; PV Status Report; Publications Office of the European Union: Ispra, Italy, 2011.

KRASNOPOLSKY, V. M.; FOX-RABINOVITZ, M. S. **Complex hybrid models combining deterministic and machine learning components for numerical climate modeling and weather prediction**, Neural Networks, vol. 19, no. 2, pp. 122–134, 2006.

LOUCHE, A.; NOTTON, G.; POGGY, P.; and SIMONNOT, G. **Correlations for direct normal and global horizontal irradiation on a French Mediterranean site**, Solar Energy, vol. 46, no. 4, pp. 261–266, 1991.

MENEZES NETO, O. L.; COSTA, A. A.; RAMALHO, F. P; **Estimativa de Radiação Solar via Modelagem Atmosférica de Mesoescala**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 3, p. 339-345, 2009.

MUBIRU, J.; BANDA, E.; OTITI, T. **Empirical equations for the estimation of monthly average daily diffuse and beam solar irradiance on a horizontal surface**, Discovery and Innovation, vol. 16, no. 3-4, pp. 157–164, 2004.

SOLAR TAUÁ. **Preparando-se Para o Futuro**. Energia, MPX. Rio de Janeiro, 2012.

VILLALVA, Marcelo Gadelha. **Energia solar fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2 ed. Editora Érica, 2018.

WANG, F.; MI, Z.; SU, S.; Zhao H. **Short-Term Solar Irradiance Forecasting Model Based on Artificial Neural Network Using Statistical Feature Parameters**. *Energies*, 2012, n. 5, p. 1355-1370.

WU, A.; HSIEH, W. W.; TANG, B. **Neural network forecasts of the tropical Pacific sea surface temperatures**, *Neural Networks*, vol. 19, no. 2, pp. 145–154, 2006.

ANÁLISE QUALITATIVA E PROVENIÊNCIA DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE MUITA ÁGUA, MUNICÍPIO DE IMBITUBA, LITORAL CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL

Patrícia Tortora

Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Oceanografia
Florianópolis - SC

Luiz Felipe Poli Schramm

Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Geologia
Florianópolis - SC

Norberto Olmiro Horn Filho

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências
Florianópolis - SC

RESUMO: Minerais pesados são fragmentos de rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas com densidade maior que $2,85\text{g/cm}^3$. Comumente aparecem como minerais acessórios e não excedem de 0,1 a 0,5% das frações detríticas das rochas sedimentares, sendo o restante quartzo, feldspatos, micas, fragmentos líticos e biogênicos. As concentrações de minerais pesados são muito úteis em estudos sobre origem de sedimentos, pois indicam pela sua composição e textura as rochas fontes e pela sua distribuição, os sentidos do transporte sedimentar, portanto, a dispersão desses sedimentos. Ademais a quantidade das espécies de minerais pesados em uma determinada região depende do transporte e da abundância de cada uma na sua respectiva área fonte, bem

como da sua resistência ao intemperismo e erosão. No Depósito marinho praial da praia de Muita Água, situada no município de Imbituba, litoral Centro-sul de Santa Catarina, ocorrem significativas concentrações de minerais pesados. Com o objetivo de caracterizar e entender a proveniência desses minerais foram avaliadas amostras superficiais do sedimento arenoso dos depósitos marinho praial e eólico do Pleistoceno superior. Além disso, foram analisados *in situ* os embasamentos rochosos adjacentes à praia. As amostras estudadas foram submetidas à separação pelo método densimétrico com bromofórmio, analisadas em lupa binocular e classificadas por espécie mineral. Foram encontrados oito minerais: epidoto, espessartita, hematita, ilmenita, magnetita, rutilo, turmalina e zircão. A presença desses minerais indica a sua proveniência que fundamentalmente vem de duas diferentes fontes: rochas do substrato e Depósito eólico pleistocênico, com influência das ondas e correntes de deriva litorânea.

PALAVRAS-CHAVE: Praia arenosa, área fonte, recurso mineral.

QUALITATIVE ANALYSIS AND SOURCE OF HEAVY MINERALS OF MUITA ÁGUA BEACH, MUNICIPALITY OF IMBITUBA, SOUTH-CENTRAL COAST OF SANTA CATARINA,

ABSTRACT: Heavy minerals are igneous, sedimentary or metamorphic rock fragments with density greater than 2.85g/cm^3 . They usually appear as accessory minerals and do not exceed 0.1 to 0.5% of the detrital fractions of the sedimentary rocks, other minerals being quartz, feldspar, mica, lithic and biogenic fragments. The concentrations of heavy minerals are very useful in studies on the origin of sediments, since they indicate by their composition and texture the source rocks and their distribution, the meanings of the sedimentary transport, therefore, the dispersion of these sediments. In addition the amount of the species of heavy minerals in a determined region depends on the transport and the abundance of each one in its respective source area, as well as its resistance to the weathering and erosion. In the beach Deposit of *Muita Água*, located in the municipality of *Imbituba*, South-central coast of *Santa Catarina*, Brazil, significant concentrations of heavy minerals occur. In order to characterize and understand the provenance of these minerals, superficial samples of the sandy beach sediments and upper Pleistocene eolic deposits were evaluated. In addition, the rocky basement adjacent to the beach were analyzed in situ. The studied samples were submitted to separation by densimetric method with bromoform, analyzed in binocular magnifying glass and classified by mineral species. The minerals epidote, spessartine, hematite, ilmenite, magnetite, rutile, tourmaline and zircon were found. The presence of these minerals indicates its origin, which basically comes from two different sources: substrate rocks and Pleistocene eolic Deposit, with influence of the waves and currents of coastal drift.

KEYWORDS: Sandy beach, source area, mineral resource.

1 | INTRODUÇÃO

Um mineral pode ser definido como uma substância de massa inorgânica natural, geralmente sólida e cristalina, de composição química definida e com um ou vários tipos de cristalização. Quando um mineral caracteriza um tipo de rocha ele é denominado de “mineral essencial”. Há ainda os “minerais acessórios” que revelam condições especiais de cristalização, como também os “minerais secundários” que aparecem nas rochas após sua formação.

Um mineral pesado é um fragmento de rocha ígnea, sedimentar ou metamórfica com peso específico maior que $2,85\text{g/cm}^3$ e que comumente aparece como um mineral acessório. De acordo com Suguio (2003), mais de 100 variedades de minerais pesados já foram encontradas nas rochas sedimentares, porém as mais comumente diagnosticadas são em torno de 20 e não excedem de 0,1 a 0,5% das frações detríticas dessas rochas, sendo o restante quartzo, feldspatos, micas, fragmentos líticos e biogênicos.

As concentrações de minerais pesados são muito úteis em estudos sobre origem

de sedimentos, pois indicam pela sua composição e textura, as rochas fontes e pela sua distribuição indicam os sentidos do transporte sedimentar, portanto, a dispersão desses sedimentos.

Um *placer* é um depósito natural, superficial, formado pela concentração mecânica de minerais pesados como a magnetita, cassiterita, ilmenita, granada, ouro, diamante, etc. Em razão disto, a formação de um *placer* necessita de uma fonte primária e envolve processos de erosão, transporte e concentração. O surgimento de um *placer*, segundo Souza (2004), também pode estar ligado à ação de eventos extremos climáticos em períodos de tempestades ou marés mais altas e a ação constante do vento. Além disso, correntes de deriva litorânea pode possibilitar essa formação, devido a sua capacidade de transportar sedimentos ao longo da costa.

A quantidade das espécies de minerais pesados em uma determinada região depende do transporte e da abundância de cada uma na sua respectiva área fonte, bem como da sua resistência ao intemperismo e abrasão. Segundo Addad (2010), “estes grãos podem formar assembleias extremamente específicas em termos de composição mineral, distribuídas ao longo do sistema deposicional envolvido”.

Existem dois grupos de minerais pesados (1) opacos, comumente encontrados em rochas sedimentares como a magnetita, ilmenita, hematita, limonita, pirita e marcassita (SUGUIO, 2003) e (2) não opacos, formado principalmente por zircão, turmalina, rutilo e epidoto. Esses minerais são caracterizados pelos altas densidades que variam de 4,3 a 5,25g/cm³ (opacos) e 3,03 a 4,71g/cm³ (não opacos). Os minerais pesados podem ainda, ser classificados como minerais pesados “pesados” e pesados “leves”, segundo Palma (1979). Os minerais pesados “pesados” possuem peso específico entre 6,8 a 21g/cm³, como o diamante, o ouro, a platina e a cassiterita. Os minerais pesados “leves” tem peso específico entre 2,9 e 5,3g/cm³, como o zircão, a ilmenita, o rutilo e a monazita.

Essa característica é a que determina o deslocamento sob a ação dos agentes de transporte. Minerais pesados com densidade mais elevada tendem a ser encontrados próximos à rocha fonte e os com densidade menor tendem a ser transportados a maiores distâncias podendo atingir zonas litorâneas de alta energia e se concentrar, formando um *placer*.

O objetivo principal do presente trabalho foi determinar a área fonte e analisar qualitativamente os minerais pesados encontrados em amostras superficiais do Depósito marinho praiado, no setor morfológico do pós-praia e do Depósito eólico do Pleistoceno superior da praia de Muita Água, município de Imbituba, litoral Centro-sul de Santa Catarina, Brasil.

2 | CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende um setor da planície costeira do estado de Santa Catarina, inserida na província costeira da região Sul do Brasil (Figura 1), nas coordenadas UTM 729114.20mE, 6877858.34mS.



Figura 1: Localização da área de estudo. (A) Detalhe do Depósito marinho praiado e do Depósito eólico do Pleistoceno superior; (B) Detalhe do costão norte da praia de Muita Água; (C) Localização da área de estudo no litoral Centro-sul do estado de Santa Catarina.

Do ponto de vista geomorfológico a praia de Muita Água é considerada uma praia exposta, de bolso que possui 370m de extensão, largura média de 26,5m e declividade média de 1,5° (Figura 2 e Foto 1). Apresenta dunas desenvolvidas e escarpadas, orla natural e presença de voçorocas orientadas transversalmente à praia (NW). Os limites norte e sul da praia são demarcados pela presença de costão rochoso.



Figura 2: Imagem *Google Earth* que mostra a praia de Muita Água, uma típica praia de bolso, observando-se no setor Centro-sul do setor de pós-praia, a exposição do *placer* de minerais pesados reconhecidos na imagem com sedimentos de cor cinza escuro a preto, bem como a voçoroca esculpida no Depósito eólico do Pleistoceno superior.



Foto 1: Vista geral para norte da praia de Muita Água. Foto de Norberto Olmiro Horn Filho, em 23 de junho de 2016.

Quanto aos aspectos oceanográficos, à praia é caracterizada por uma altura média da onda de 1,2m, período de onda de 10s, tipo de onda deslizante, classificação morfodinâmica intermediária, velocidade média da corrente de deriva de 0,15m/s e sentido da deriva de SW para NE.

Geologicamente a praia de Muita Água é composta em seus extremos norte e sul, por rochas graníticas pertencentes a unidade litoestratigráfica Granito Paulo Lopes além de diques básico de rochas vulcânicas (WILDNER *et al.*, 2014). O Granito Paulo Lopes (NP₂γpl) é formado de granitoides de coloração cinza, monzo a sienograníticos, textura porfiroclástica com porfiroclastos de ortoclásio orientados e contornados por matriz de granulação média a grossa, rica em biotita, definindo um bandamento

marcante.

Também constituem a geologia da área o Depósito marinho praiado holocênico, caracterizado por sedimentos arenosos e predominantemente quartzosos e o Depósito eólico do Pleistoceno superior em forma de falésias (Q_{2pl}) (Figura 3).



Figura 3: Recorte do mapa geológico de Santa Catarina (WILDNER *et al.*, 2014), observando-se a geologia do entorno da praia de Muita Água.

3 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas atividades pré-laboratoriais que incluíram revisão bibliográfica e trabalho de campo (Foto 2). As etapas laboratoriais englobaram a preparação das amostras de sedimentos para análise granulométrica e mineralógica em que foram aplicados os métodos de peneiramento, análise gravimétrica e preparação de lâminas; e interpretação dos resultados, o qual possibilitou a construção de gráficos e diagramas dos sedimentos e minerais analisados e sua posterior interpretação.

Para comparação visual dos minerais pesados encontrados na praia de Muita Água com espécies minerais semelhantes já identificadas em trabalhos anteriores usou-se o e-livro de Addad (2010).



Foto 2: Detalhe da coleta de amostras de sedimentos leves e pesados do placer da praia de Muita Água (Foto de Norberto Olmiro Horn Filho, em 23 de junho de 2016).

As amostras dos sedimentos praias foram coletadas no setor do pós-praia (berma) do perfil à retaguarda da face praial e anterior à escarpa praial, onde encontra-se o Depósito eólico pleistocênico (Figura 4).



Figura 4: Ilustração dos setores morfológicos de um ambiente praial (SUGUIO, 2003), observando-se pós-praia (berma), setor onde foram registradas as acumulações de minerais pesados.

4 | RESULTADOS

Segundo Hoefel (1998), as praias são descritas geomorfologicamente como ambientes sedimentares costeiros, onde as limitações geográficas para seu estabelecimento não existem, sendo elas arenosas ou não. Para a sua formação, é necessária apenas a disponibilidade de sedimentos, influência de agentes hidrodinâmicos e espaço para concentração dos depósitos.

As assembléias de minerais pesados constituem geralmente uma propriedade

muito importante de um sedimento (SUGUIO, 2003), pois são minerais diagnósticos de proveniência em muitos casos, embora os minerais leves, como o quartzo também possam ser usados nesse processo de identificação (BARROS *et al.*, 2005). De acordo com Suguio (2003), mesmo que algumas espécies possam ser destruídas seletivamente durante o transporte e a diagênese, os minerais pesados restantes constituem os únicos indicadores da proveniência de alguns arenitos, por exemplo.

A análise qualitativa da assembleia de minerais pesados na praia de Muita Água revelou a ocorrência de oito diferentes espécies mineralógicas nas amostras dos sedimentos superficiais coletadas.

O *placer* localizado na porção Centro-sul da praia é caracterizado pela assembleia dos seguintes minerais pesados opacos: (1) hematita, (2) ilmenita e (3) magnetita; além de (4) epidoto, (5) espessartita, (6) rutilo, (7) turmalina e (8) zircão, considerados minerais pesados não opacos. A análise também evidenciou que a maior parte do *placer* é composta por grãos de ilmenita, magnetita, hematita e zircão, pois foram os minerais observados com maior frequência entre as amostras analisadas.

Quanto aos minerais pesados opacos, a hematita (Fe_2O_3) (densidade entre 4,9 e 5,3 g/cm^3) aparece com brilho metálico, médio grau de arredondamento (pontualmente sub-angulosa) e cor cinza-escuro (Figura 5); a ilmenita (FeTiO_3) (densidade entre 4,7 e 4,78 g/cm^3) apresenta brilho sub-metálico, cor preta e por vezes com capa de alterações secundárias (Figura 6, à esquerda) e a magnetita (Fe_3O_4) (densidade entre 5,18 e 5,21 g/cm^3) possui cor cinza, brilho metálico a sub-metálico, médio grau de arredondamento e hábito euédrico (Figura 6, à direita).

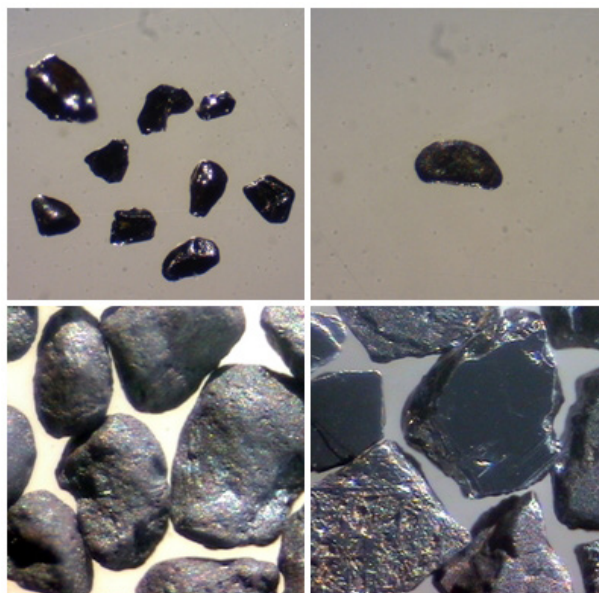


Figura 5: No topo, grãos de hematita encontrados nas amostras do Depósito marinho praiar (fotos de Patrícia Tortora). Na base, grãos de hematita, segundo Addad (2010).

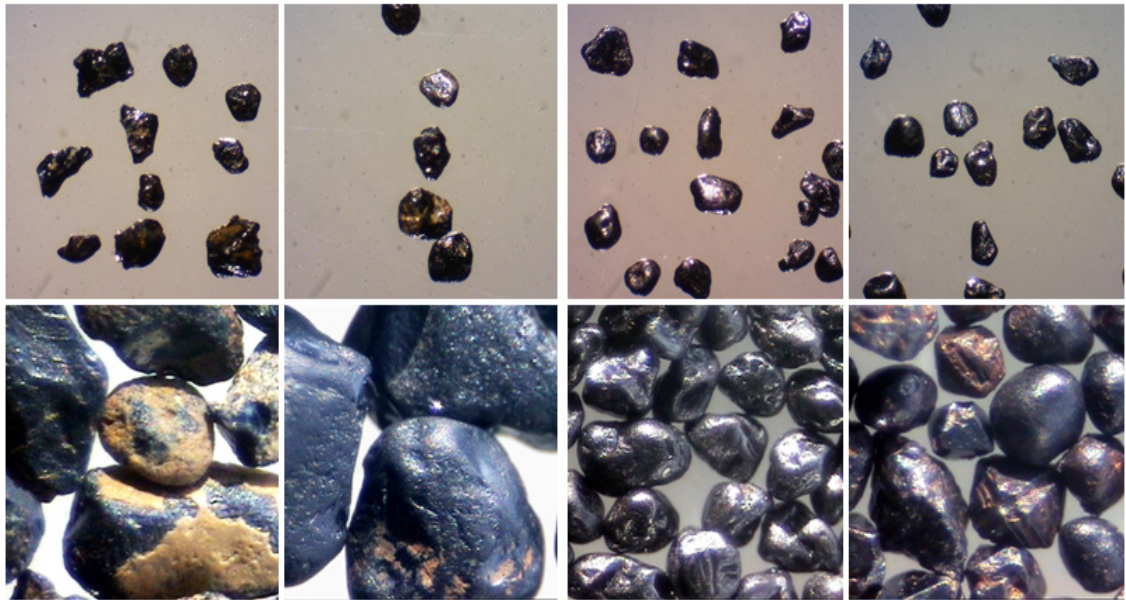


Figura 6: Na figura à esquerda, grãos de ilmenita e na figura à direita grãos de magnetita. No topo, grãos das amostras do Depósito marinho praias (fotos de Patrícia Tortora). Na base, grãos de ilmenita e magnetita, respectivamente, segundo Addad (2010).

Quanto aos minerais pesados não opacos, o epidoto (4) $\{Ca_2(AlFe)Al_2O_7 \cdot OH(SiO_4)(Si_2O_7)\}$ é caracterizado pelo brilho vítreo, cor castanha, médio grau de arredondamento, transparente a translúcidos (Figura 7, à esquerda); a espessartita (5) $\{Mg_3Al_2(SiO_4)_3\}$ aparece em grãos transparentes a translúcidos, com brilho vítreo, baixo grau de arredondamento - por vezes angulosos - além de cor castanho claro (Figura 7, à direita); o rutilo (6) (TiO_2) ocorre como grãos translúcidos, castanho-avermelhados, com alto grau de arredondamento e brilho vítreo (Figura 8, à esquerda); a turmalina (7) $(Na,Ca)(Mg,Al,Li)_3(Al,Fe,Mg)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4$ apresenta-se com grãos límpidos e transparentes de cor muito variável: castanhas, verdes, azuis ou incolores, azul e rosa e até grãos pretos (Figura 8, à direita) e o zircão (8) ($ZrSiO_4$) possui cor clara a incolor, alto grau de arredondamento, brilho vítreo, hábito alongado, translúcido a transparente (Figura 9).

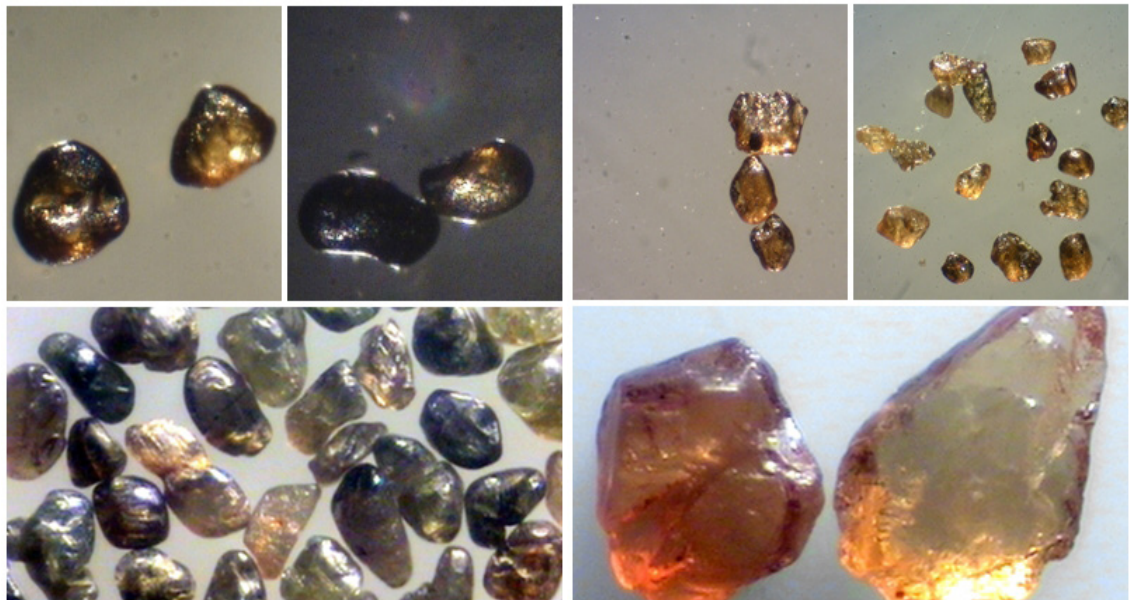


Figura 7: Na figura à esquerda, grãos de epidoto e na figura à direita grãos de espessartita. No topo, grãos das amostras do Depósito marinho praiado (fotos de Patrícia Tortora). Na base, grãos de epidoto e espessartita, respectivamente, segundo Addad (2010).

Cada tipo de rocha tende a apresentar uma assembleia distinta de minerais que lhe é característica (PETTIJOHN, 1975). Dessa forma, a presença de minerais como a ilmenita e a magnetita está ligada as rochas magmáticas que fazem parte da litologia dessa região, já que a ilmenita ocorre como mineral acessório em rochas magmáticas e metamórficas e a magnetita é constituinte comum desse tipo de embasamento rochoso (MACHADO *et al.*, 2017).

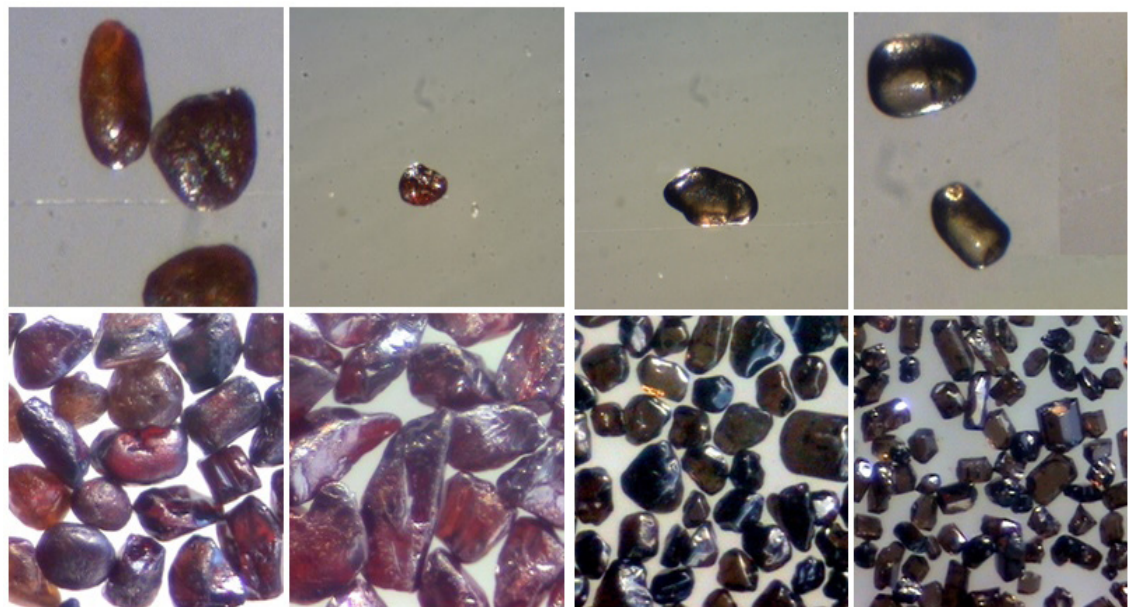


Figura 8: Na figura à esquerda, grãos de rutilo e na figura à direita grãos de turmalina. No topo, grãos das amostras do Depósito marinho praiado (fotos de Patrícia Tortora). Na base, grãos de rutilo e turmalina, respectivamente, segundo Addad (2010).

O zircão é um mineral duro e inerte que podem sobreviver a vários ciclos de retrabalhamento de sedimentos, até mais que o próprio quartzo (SUGUIO, 2003). Os

grãos de turmalina sugerem uma fonte de sedimentos proveniente de correntes de deriva litorânea. A deriva transporta os sedimentos em ângulo oblíquo relativo ao pós-praia, algo que depende da direção do vento predominante (sudeste), do espriamento e de correntes.

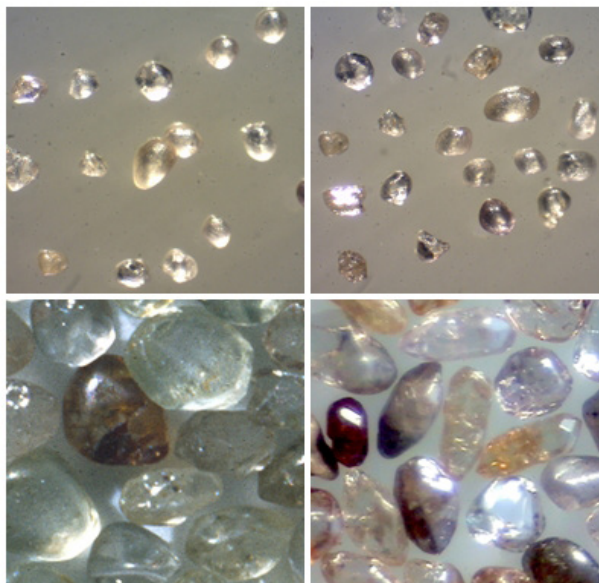


Figura 9: No topo, grãos de zircão encontrados nas amostras do Depósito marinho praial (fotos de Patrícia Tortora). Na base, grãos de zircão, segundo Addad (2010).

5 | DISCUSSÃO

A concentração dos minerais pesados nos sedimentos praiais se deu predominantemente nas classes areia fina e areia muito fina, entremeados ao quartzo como principal mineral leve (Figura 10). A análise petrográfica das rochas coletadas no costão da praia de Muita Água possibilitou um melhor entendimento acerca das possíveis áreas fontes dos minerais pesados que compõem o *placer* praial. A área de estudo é caracterizada pela ocorrência de rochas graníticas pertencentes à unidade litoestratigráfica Granito Paulo Lopes, os quais são cortados por diques básicos da Formação Serra Geral (Figura 11). Os diques básicos de diabásios que cortam os sienogranitos são rochas mesocráticas a melanocráticas de textura fanerítica fina, sendo compostas predominantemente por cristais de plagioclásio e piroxênio.



Figura 10: *Placer* de minerais pesados em sedimentos arenosos finos e muito finos da praia de Muita Água.

A concentração de minerais pesados no Depósito marinho praiado de Muita Água está ligada primeiramente as rochas que compõem o embasamento rochoso que quando erodidos ou intemperizados se depositam próximo a área fonte. A fonte secundária de minerais pesados desse depósito pode ter íntima associação com o Depósito eólico do Pleistoceno superior (Figura 12).

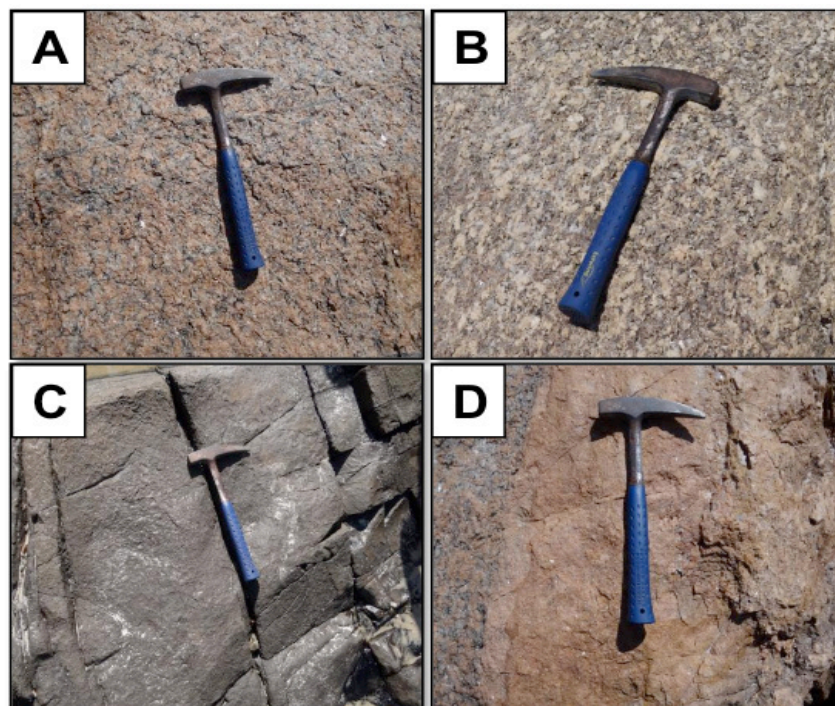


Figura 21: Rochas que compõem o embasamento da área de estudo, relacionado à possível área fonte dos minerais leves e pesados dos sedimentos praiados (A) granodiorito; (B) granito-pórfiro; (C) diabásio; (D) aplito; Fotos de Norberto Olmiro Horn Filho, em 15 de outubro de 2013.

Os grãos de minerais pesados contidos nesse depósito são lixiviados por entre as voçorocas adjacentes à praia ou transportados pela água da chuva até o Depósito

marinho praial. Contudo, a composição da assembleia de minerais detríticos como os minerais pesados não é controlada somente pela composição mineralógica da rocha fonte. Processos operantes no ciclo sedimentar, tais como seleção física, abrasão mecânica e dissolução são também determinantes das assembleias destes minerais (BARROS *et al.* 2005). Agentes oceanográficos como a deriva litorânea também podem contribuir para a composição mineralógica, bem como eventos extremos e canais fluviais afogados pela transgressão marinha.

A presença de minerais pesados no Depósito marinho praial da Praia de Muita Água está relacionada a três fontes: ao embasamento rochoso aflorante no costão Norte da praia, ao depósito pleistocênico e correntes de deriva litorânea.



Figura 12: Vista para oeste dos sedimentos do Depósito eólico do Pleistoceno superior, observando-se uma voçoroca, produto da erosão do referido depósito (Foto de Norberto Olmiro Horn Filho, em 15 de outubro de 2013).

Quanto à fonte primária - o embasamento rochoso - os resultados das análises mineralógicas e petrográficas, tanto do sedimento do *placer* quanto das amostras de rocha, confirmam a relação entre o embasamento e a ocorrência de minerais pesados na praia. As espécies minerais identificadas no Depósito marinho praial também foram observadas na análise microscópica da amostra de diabásio, que pertence ao embasamento, o que corrobora para a confirmação da fonte primária. Quanto à fonte secundária - Depósito eólico do Pleistoceno superior pôde-se interpretar que o grão de zircão identificado microscopicamente no Granito Paulo Lopes sugere uma relação entre o depósito pleistocênico e o *placer*, considerando que o embasamento sirva de área fonte para os dois depósitos.

REFERÊNCIAS

- ADDAD, J. E. 2010. **Minerais pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental**. São Paulo: 2ª Edição Independente. 80p. ISBN 978-85-901728-2-6.
- BARROS, C. E. de; NARDI, L. V. S.; DILLENBURG, S. R. 2005. Geoquímica de minerais detríticos em estudos de proveniência: Uma revisão. **Pesquisas em Geociências**, **32(1)**: 3-15.
- HOEFEL, F. G. 1998. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Itajaí: Ed. da Univali, 1-29pp.
- MACHADO, F. B., MOREIRA, C. A., ZANARDO, A., ANDRÉ, A. C., GODOY, A. M., FERREIRA, J. A., GALEMBECK, T., NARDY, A. J. R., ARTUR, A. C., OLIVEIRA, M. A. F. de. 2017. **Enciclopédia Multimídia de Minerais. [on-line]. ISBN: 85-89082-11-3** Disponível na Internet via [www. http://www.rc.unesp.br/museudpm](http://www.rc.unesp.br/museudpm). arquivo acessado em 16 de abril de 2019.
- PALMA, J. J. C. 1979. **Depósitos de minerais pesados**. Série Projeto REMAC, PETROBRÁS/DNPM/CPRM/DHN/CNPq. Rio de Janeiro. 10:33-50.
- PETTIJOHN, F. J. 1975. **Sedimentary Rocks**. New York, Harper & Row, 628p.
- SOUZA, D. R. 2004. **Minerais pesados na plataforma continental interna adjacente ao litoral Centro-norte de Santa Catarina**. Itajaí. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.
- SUGUIO, K. 2003. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Editora Blucher.
- WILDNER, W.; CAMOZZATO, E.; TONIOLO, J. A.; BINOTTO, R. B.; IGLESIAS, C. M. F.; LAUX, J. H. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2014. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil. Subprograma de Cartografia Geológica Regional.

APLICAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) EM RONDONÓPOLIS/MT: DA OMISSÃO LEGISLATIVA AO PREJUÍZO AMBIENTAL COLETIVO

José Adolfo Iriam Sturza

Universidade Federal de Mato Grosso,
Departamento de Geografia
Rondonópolis - Mato grosso

Cristiano Nardes Pause

Universidade Federal de Mato Grosso, Discente
na Pós graduação em Geografia
Rondonópolis - Mato grosso

RESUMO: O artigo busca um entendimento inicial da aplicação do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) como instrumento de planejamento e gestão urbana no município de Rondonópolis/MT. O percurso metodológico conteve uma pesquisa bibliográfica, com visitas aos setores competentes dentro da administração pública e feitos diálogos com diversos atores. A industrialização provocou o êxodo rural, inchando as cidades, às quais não tinham capacidades de levar serviços urbanos à velocidade do crescimento das urbes, onde surgiu então a crise urbana. No Brasil a Constituição de 1988, especificamente nos Artigos 182 e 183, se buscou mitigar a crise urbana, regulamentados pela lei federal nº10.257, o Estatuto da Cidade. Tal regulamentação criou vários instrumentos de ação urbana, inclusive o Estudo de Impacto de Vizinhança, com objetivo de mitigar impactos de atividades e empreendimentos no meio

urbano para garantir o equilíbrio ambiental da cidade. Percebeu-se que em Rondonópolis são instalados empreendimentos e exercidas atividades sem o devido entendimento dos impactos destes na circunvizinhança. O grande crescimento e a acelerada expansão urbana dificulta a mensuração de impactos que se consolidam em problemas urbanos a ser previamente compreendidos e evitados.

PALAVRAS-CHAVE: Crise Urbana; Urbanização; Estatuto da Cidade; Paisagem Urbana

ABSTRACT: The article seeks an initial understanding of the application of the Neighborhood Impact Study (EIV) as an instrument for urban planning and management in the municipality of Rondonópolis/MT. The methodological course contained a bibliographical research, with visits to the competent sectors within the public administration and made dialogues with several actors. Industrialization provoked the rural exodus, swelling the cities, which did not have the capacity to carry urban services to the speed of the growth of the cities, where the urban crisis arose. In Brazil, the Constitution of 1988, specifically Articles 182 and 183, sought to mitigate the urban crisis, regulated by Federal Law No. 10,257, the City Statute. This regulation created several instruments of urban action,

including the Neighborhood Impact Study, in order to mitigate impacts of activities and undertakings in the urban environment to guarantee the city's environmental balance. It was noticed that in Rondonópolis are installed enterprises and carried out activities without the proper understanding of the impacts of these in the surrounding area. The great growth and accelerated urban expansion makes it difficult to measure impacts that are consolidated in urban problems to be previously understood and avoided.

KEYWORDS: Urban Crisis; Urbanization; Statute of the City; Urban landscape

1 | INTRODUÇÃO

As atuais concepções de consciência ambiental surgiram com a devastação provocada pela Segunda Guerra Mundial, somada a explosão industrial no pós-guerra. Com o crescimento da economia global os níveis dos impactos causados pelas atividades produtivas começaram a ganhar maior visibilidade (DIAS, 2008 *apud* LEITE, 2009). Durante a década de 1950 foi o despertar científico para as questões ambientais. Na década de 1960, diversos agentes sociais surgiram com uma preocupação ecológica, tendo uma visão crítica sobre o modo de vida e de produção. Nesta década surge a World Wild Fund (WWF) considerada uma das primeiras organizações não governamentais e a escritora Rachel Carson denuncia com a publicação do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) os danos causados por agrotóxicos e em especial pelo DDT (diclorodifeniltricloroetano).

Já nos anos de 1970, surgem diversas organizações com o objetivo de discutir as questões ambientais, bem como inicia a preocupação política com o meio ambiente, a qual culmina na década de 1980 com a regulação em diversos países sobre a poluição industrial. Na década de 1990 a consciência ambiental se consolida na Carta da Terra, onde os países declaram respeito ao planeta e a vida (LEITE, 2009). Surgem diversas normas e regulamentos que buscam que atividades humanas alcancem a sustentabilidade. O conceito de desenvolvimento sustentável, surgido nos anos de 1970, tem como a definição mais completa a produzida no relatório "Nosso Futuro Comum" com o seguinte texto: "O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades".

A crise urbana é reflexo da industrialização do país, que jogou milhares de trabalhadores rurais dentro das cidades, cuja infraestrutura não tinha capacidade de comportar tal demanda. Esse fato criou um déficit habitacional histórico e de grandes proporções, resultando em habitações precárias, sem saneamento básico, dificuldade de acessibilidade e mobilidade urbana. Tais fatos foram agravados pelo mercado imobiliário, que reserva os melhores lugares como objeto especulativo e acaba expulsando as classes de baixa renda para lugares mais periféricos e mais excludentes, conforme afirmam Pierot, Lima (2014, p. 9) sobre a crise urbana:

O Brasil, assim como outros países da América Latina, apresentou um desenvolvimento industrial tardio, o que contribuiu, sobretudo, para uma grande segmentação social e política. Além disso, optou por importar uma matriz de planejamento urbano de base modernista com vistas a orientar o crescimento das cidades. O resultado desse processo foi uma modernização excludente e incompleta das cidades brasileiras.

Um dos grandes paradigmas do urbanismo é como garantir uma cidade sustentável com todo o passivo ambiental que foi transformado na crise urbana.

O texto é produto de uma pesquisa bibliográfica em fontes de documentação primárias e secundárias acerca do tema, buscadas em meios eletrônicos, inclusive no sítio da internet da Prefeitura Municipal de Rondonópolis. Também foi feito uso de fontes encontradas na biblioteca da UFMT, bem como de arquivo pessoal. Alguns documentos de fontes escritas contemporâneas foram buscados junto à administração pública municipal, mais especificamente na Secretária Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), Secretaria Municipal de Trânsito (SETRAT), Secretária Municipal de Controle Urbano. Foram feitos diálogos iniciais com vários servidores públicos dos órgãos citados anteriormente, onde os mesmos foram questionados sobre a aplicação do Estudo de Impacto de Vizinhança em Rondonópolis e sobre a documentação existente sobre o mesmo.

2 | A URBANIZAÇÃO BRASILEIRA E O ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV)

Os processos de urbanização do Brasil, principalmente após meados do século XX vieram juntos com a industrialização do nosso país em três períodos distintos: Estado Novo, Ditadura Militar e na Redemocratização (SANTORO, 2012). Tais processos ocorreram de forma rápida e desordenada, onde a capacidade de planejamento e organização dos municípios estava muito aquém da dinâmica migratória e da expansão urbana provocada pelo êxodo rural, fruto da industrialização. Isso levou ao crescimento acelerado das cidades sem o devido controle espacial por parte do poder público, causando problemas sociais e ambientais crônicos como falta de saneamento básico, precariedade da mobilidade urbana, condições insalubres e precárias de moradia, déficit habitacional, dentre outros. Tais problemas diminuem consideravelmente a qualidade de vida dos munícipes, especialmente nos aspectos relativos ao meio ambiente, conforme afirma Larcher (2016):

Esse crescimento urbano sem planejamento foi responsável por um enorme passivo ambiental, sendo os principais problemas decorrentes desse processo a falta de moradia adequada para a nova população urbana, a falta ou precariedade da infraestrutura urbana adequada, falta ou ineficiência dos serviços públicos, entre outros.

Em decorrência da problemática imposta por essa acelerada urbanização das

idades brasileiras, surge então na Constituição de 1988 uma preocupação singular com a política urbana, materializada nos artigos 182 e 183, que basicamente garantem o mínimo de planejamento urbano das cidades, levando em consideração a função social das mesmas. Porém tais artigos feitos de forma genérica precisavam ser melhor especificados. Então com a Lei Federal 10.257/2001 foi criado o Estatuto da Cidade visando esmiuçar os artigos constitucionais supracitados e garantir o controle espacial, ambiental e das atividades nas cidades, evidenciando que os interesses coletivos e a boa convivência harmoniosa sejam usados como preceitos fundamentais para a qualidade de vida e sustentabilidade nas urbes brasileiras.

Dentre os vários instrumentos de ações urbanas previstos no Estatuto da Cidade, destacamos o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), encontrado nos artigos 36 a 38, cuja função precípua é determinar os impactos negativos e positivos causados por empreendimentos e atividades gerais, buscando um entendimento técnico de como tais fatores acabam por influenciar direta ou indiretamente a vida nas cidades. É um instrumento que carece de regulamentação pelo poder municipal, o qual deve traçar diretrizes para sua aplicação, tais como os tipos de edificações e atividades em que o EIV se faz obrigatório. A necessidade de se prever impactos a fim de preservar recursos ambientais vem do princípio jurídico da precaução, que de acordo com Cezar; Abrantes, 2003, apud Martins Junior; Lima, 2016, p. 162) é usado em situações de incerteza sobre a previsão de “[...]efeitos de tecnologias e remete a quatro elementos: ameaça de dano, inversão do ônus da prova, incerteza científica e medidas de precaução”.

O conceito de impacto está conectado diretamente às questões ambientais, portanto tal conceito foi concebido para aplicação ao ambiente natural. A Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, a qual tem em seu texto no artigo primeiro uma definição de impacto ambiental, ajuda a esclarecer esse ponto:

Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986)

Vemos na resolução do Conama que essa definição de impacto está ligada às ações antrópicas sobre o meio-ambiente com a preocupação em garantir a qualidade de vida através da discriminação e mensuração de impactos negativos gerados por qualquer empreendimento, onde tal especificação e medição tem como finalidade a mitigação desses impactos identificados. Porém se forem positivos os impactos devem estimulados e fomentados, para que ocorram de forma mais plena possível.

Enquanto o impacto ambiental é tratado como resultado de atividades ou ações humanas no ambiente natural, para o EIV o impacto é relacionado somente ao que acontece na vida cidadina. Portanto trabalharemos com a seguinte definição:

Para as finalidades do EIV, devem ser considerados os impactos que afetam a qualidade de vida da população urbana gerando incomodidade significativa. O nível de incomodidade (ou grau de impacto) causado estará relacionado ao tipo, ao porte e, ainda, ao local onde se desenvolverá o empreendimento ou atividade (SCHVARBERG et al., 2017, p.13)

3 | PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO DO EIV

Os aspectos mínimos que devem ser considerados quando da necessidade de realização de um EIV estão previstos no Estatuto da Cidade no seguinte texto:

Art. 37. O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões:

- I - adensamento populacional;
- II - equipamentos urbanos e comunitários;
- III - uso e ocupação do solo;
- IV - valorização imobiliária;
- V - geração de tráfego e demanda por transporte público;
- VI - ventilação e iluminação;
- VII - paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Parágrafo único. Dar-se-á publicidade aos documentos integrantes do EIV, que ficarão disponíveis para consulta, no órgão competente do Poder Público municipal, por qualquer interessado. (BRASIL, 2001)

Contudo a simples menção de tais aspectos, como se apresenta na lei, serve apenas como norteador dos estudos de impacto de vizinhança, pois cada um desses itens é um universo à parte e necessita de detalhes maior de suas especificidades quanto aplicação no meio urbano. Como cada município possui características únicas, a lei federal passa então para o poder público municipal a função de regulamentar tal matéria dentro dos pormenores exigidos a nível local.

O Ministério das Cidades através do portal CAPACIDADES busca capacitar os técnicos municipais através de cursos e eventos para, dentre outras coisas, facilitar a regulamentação e aplicação dos instrumentos urbanos previstos no Estatuto da Cidade. No material fornecido está o Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação, Brasil (2017), do qual usamos seu conteúdo para nortear o estudo sobre os parâmetros para o regramento e aplicação do EIV. Na sequência apresentaremos uma breve explicação da aplicação de tais parâmetros no EIV.

3.1 Adensamento populacional

Está ligado a quantidade de pessoas existentes por metro quadrado dentro da cidade. Alguns empreendimentos podem aumentar ou diminuir a quantidade de pessoas existentes no seu entorno, impactando diretamente na infraestrutura urbana ou equipamentos urbanos ofertados. Para compreender tal parâmetro, Silva, Silva, Nome (2016) definem que:

A densidade é um referencial importante para se quantificar por meio de princípios técnicos e financeiros a distribuição e o consumo de terra urbana, infraestrutura, serviços públicos, entre outras funções dispostas numa área residencial.

3.2 Equipamentos urbanos

De acordo com a norma NBR9284 consideram-se equipamentos urbanos:

Todos os bens públicos e privados, de utilidade pública, destinados à prestação de serviços necessários ao funcionamento da cidade, implantados mediante autorização do poder público, em espaços públicos e privados. (ABNT, 1986)

A norma, a qual foi cancelada em 2015 e não existe substitutiva até hoje, divide equipamentos urbanos nas seguintes categorias e subcategorias: circulação e transporte, cultura e religião esporte e lazer, infraestrutura (sistema de comunicação, sistema de energia, sistema de iluminação pública e sistema de saneamento), segurança pública e proteção, abastecimento, administração pública, assistência social, educação, saúde. Estes são alguns exemplos de equipamentos seguindo a ordem das categorias acima: vias públicas e estacionamentos; igrejas, teatros e parques; rede elétrica e de abastecimento de água; posto policial e delegacia; mercados e feiras municipais; prefeitura e fórum; asilo e creche; universidades e escolas; posto de saúde e hospitais. A função do EIV nesse caso é quantificar e espacializar os equipamentos urbanos existentes onde a oferta deve ser compatível com a demanda. Se a análise do EIV indicar a saturação dos equipamentos urbanos pré-existentes a municipalidade usa tal fator como referência para cobrar do empreendedor as medidas compensatórias necessárias.

3.3 Uso e ocupação do solo

É visto dentro do EIV em um panorama futuro, pela indicação perspectivas de mudanças no uso e ocupação do solo em função de alterações na dinâmica local causadas pelo empreendimento ou atividade. Tais alterações poderiam afetar todos os outros itens do art. 37 do Estatuto da Cidade (adensamento populacional, equipamentos urbanos e comunitários, valorização imobiliária, geração de tráfego e demanda por transporte público; ventilação e iluminação; paisagem urbana e patrimônio natural e cultural). Por exemplo a construção de um Shopping Center que acaba por atrair mais

comércios em seu entorno e força a mudança de uso de residencial para comercial. Tal equipamento urbano é um grande gerador de demanda de tráfego, que acaba por aumentar o fluxo de veículos na região, que além da incomodidade por causa do acréscimo do movimento, se caracteriza como um ponto de desequilíbrio ambiental pois acaba por aumentar a emissão de gases e o soerguimento de partículas depositadas nas vias causa do deslocamento de ar causado pelos veículos. Tal empreendimento poderia causar uma dissonância visual, contrastando com a paisagem urbana local e causando um impacto visual no transeunte.

3.4 Valorização imobiliária

Deve ser vista sobre os aspectos de valoração de um imóvel ou de depreciação de tal valoração em função da construção de um empreendimento ou das atividades exercidas pelo mesmo. O próprio shopping citado como exemplo no item acima pode criar uma valorização fundiária muito rápida em função de ser um equipamento que centraliza atividades. Isso pode forçar a gentrificação do local, onde as pessoas de menor poder aquisitivo são forçadas a deixar suas casas por pressão do mercado imobiliário, indo morar na periferia.

3.5 Geração de tráfego e demanda por transporte público

O primeiro ponto pode ser entendido como alteração permanente ou temporária do fluxo de veículos, causando o comprometimento da qualidade de vida urbana, da mobilidade urbana de forma geral, da segurança e acessibilidade dos pedestres. Um polo gerador de tráfego pode levar a saturação da capacidade de sistema viário existente, bem como aumento da poluição sonora e atmosférica.

O segundo ponto diz respeito a necessidade de instalação de linha de ônibus extras para atender a demanda dos trabalhadores do shopping. O estudo relativo ao tráfego deve apresentar a delimitação da área levando em consideração o porte do empreendimento e que os efeitos no tráfego tendem a ser cumulativos. Isso demanda contrapartidas do empreendedor para solucionar ou amenizar o impacto do empreendimento no trânsito local.

3.6 Ventilação e iluminação

São aspectos de natureza bioclimática que devem ser considerados quando da realização do EIV. Uma grande obra causa influencia no microclima da região, por exemplo o Shopping Rondon Plaza, onde se retirou a vegetação existente e foram criadas grandes áreas de estacionamento asfaltadas. Foi criada uma grande ilha de calor, que acumula energia térmica durante o dia e libera à noite, aumentando a temperatura média do local. Na mesma região vemos o rápido avanço da verticalização, onde o volume e massa das edificações também acabam muitas vezes se transformando em ilhas de calor. Também sua altura e largura influenciam os regimes de ventos da

região, dificultando a passagem da circulação de ar em alguns pontos. A prefeitura tem que ficar atenta a impermeabilização do solo, aos tipos construtivos, materiais de acabamento e excessiva densidade construtiva das edificações para que não comprometam o conforto ambiental relativo à iluminação e ventilação.

3.7 A paisagem urbana no EIV

A paisagem vem sendo uma das categorias mais antigas de análise da geografia, passando por diferentes concepções ao longo dos tempos e objeto de análise de outros campos de estudo, dentre eles a arquitetura e o urbanismo (SILVEIRA; ARAÚJO, 2013). Levando isso em consideração, no ateremos aos estudos mais contemporâneos da paisagem e mais especificamente a paisagem urbana e a paisagem natural como objetos de análise.

Paisagem urbana pode ser considerada como a sobreposição de vários recortes espaço/temporais manifestos dentro da cidade. Santos (2002) apud Ortigoza (2010, p.83) afirma em relação a isso que “Paisagem é o conjunto de formas, que, num dado momento, exprime as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre o homem e a natureza”.

O Estatuto da Cidade considera, no artigo 37, item sétimo, “Paisagem urbana e patrimônio natural e cultural” como uma das categorias que é objeto de análise do EIV. Porém o que devemos analisar quanto a essa categoria é matéria que deve ser regulada pelo poder público municipal, levando em conta as especificidades locais. Considerando as variadas concepções do que é paisagem urbana e como isso é matéria subjetiva e de difícil conceituação, o Ministério das Cidades buscou traçar algumas diretrizes. Segundo Brasil (2017) no material “Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação” que traz em seu texto questões norteadoras, faz referência primeiramente “[...]aos riscos de descaracterização da paisagem natural e do patrimônio cultural de uma cidade frente a interesses econômicos e imobiliários”. (grifo nosso)

Paisagem natural entende-se como ambiente da natureza sem a intervenção humana. Se há intervenção humana chamamos de paisagem cultural. Conforme pode ser visto na definição de paisagem natural de Silveira (2009) que “[...]refere-se aos elementos combinados de geologia, geomorfologia, vegetação, rios e lagos, enquanto a paisagem cultural, humanizada, inclui todas as modificações feitas pelo homem”. Nesta concepção a paisagem urbana é o resultado direto na cidade das ações antrópicas e seus valores. Paisagem urbana então é também parte da paisagem cultural, pois dificilmente é encontrada a paisagem natural dentro de um ambiente urbano.

Para o entendimento do que é patrimônio cultural e histórico trabalharemos a partir do marco legal na Constituição Federal de 1988, que define:

Art. 216 - Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I - as formas de expressão;

II - os modos de criar, fazer e viver;

III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

§ 1º - O poder público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação. (BRASIL, 1988)

Quando analisamos a paisagem urbana à luz dessa legislação, tal categoria abrange todos os itens acima enumerados. Usando o Casario de Rondonópolis como ilustração, pode-se afirmar que o local é um sítio ou conjunto urbano de valor histórico, pois é o início do processo de urbanização de Rondonópolis e seus tijolos podem, destarte, carregar informações científicas da qualidade do solo naquela época e de onde foi extraído o material para sua confecção. Bem como o modo como foi construído tal conjunto revela expressões do modo de viver e fazer da população pioneira e atualmente se tornou edificação e espaço para manifestações artístico-culturais. Facilmente traçamos paralelos e justificamos a preservação de tal local, pois os valores indicados são condizentes com o que preconiza a lei. Fica claro a importância da aplicação do EIV como instrumento que auxilia a defesa de tais patrimônios. Sobre o papel do EIV na preservação do nosso patrimônio cultural, especialmente no que diz respeito ao patrimônio materializado na paisagem urbana, Larcher (2016):

O EIV é especialmente importante para prevenir eventuais intervenções danosas que se pretende realizar nas proximidades de bens imóveis tombados, de conjuntos urbanos e de sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico e paleontológico, certo que o EIV não substituiu outros estudos legalmente exigíveis, a exemplo do estudo de impacto ambiental e os planos de manejo

Sobre a pressão do mercado imobiliário em bens de interesse histórico, que tendem a ser depreciados pela dificuldade funcional em utilizar tais locais para funções mais contemporâneas, levam a produção de uma estética convencionalista (CULLEN, 2017), a qual acaba contribuindo para uma paisagem estéril de significado. Neste sentido, Argan (2010, p. 88) fez os seguintes apontamentos:

É por serem as construções especulativas irremediavelmente destituídas de valor estético que a cultura de nosso tempo vê-se obrigada a admitir aquilo que, do ponto de vista lógico, é um simples absurdo: a distinção entre “centro histórico” e periferias, quantitativamente enormes mas destituídas de qualidade, quer no plano do valor estético, quer no do documento histórico. Pode-se deduzir daí que a falta

de valor se verifica onde o valor é identificado com o preço e a utilidade social, confundida com o lucro privado.

Em um segundo momento o Caderno Técnico fala “**em relação à arquitetura dos empreendimentos, deve ser evitado conflitos com a identidade e a legibilidade da paisagem urbana do entorno.**” (BRASIL, 2017, grifo nosso). Neste caso imagina-se a paisagem urbana como um conjunto harmonioso de elementos intencionalmente dispostos, inseridos em um contexto histórico e social, frutos de sucessivas mudanças na vida da cidade. Uma obra qualquer que em função do seu tamanho, tipologia construtiva, cores, materiais de acabamento que destoem do seu espaço circundante, como uma aparição exótica do acaso é um exemplo claro disso. Não só se tratando de questões estéticas ou visuais sobre o impacto no patrimônio e sim também de atividades que pela intensidade de sua ocorrência podem causar danos físicos, como por exemplo o aumento de fluxo de veículos em uma rua justaposta a um imóvel tombado pelo patrimônio histórico pode causar trepidações o suficiente para abalar a estrutura e causar danos que possam levar até ao colapso da edificação. Finalizando sobre o assunto Brasil (2017) coloca que “em relação à arquitetura dos empreendimentos, deve ser evitado conflitos com a identidade e a legibilidade da paisagem urbana do entorno” e complementa afirmando que “a mitigação de impactos deve atuar no sentido da preservação da memória, da história e do referencial simbólico de importância.”

A parte final das orientações técnicas são relativas a descrição das características da vizinhança, onde se deve estabelecer os limites da área de influência direto dos impactos avaliados no EIV no entorno do empreendimento ou atividade a ser instalados. Devem ser considerados os meios físicos, antrópicos, bióticos quando da identificação dos impactos.

Tal etapa descritiva deve conter as características da paisagem urbana, incluindo em seu contexto os patrimônios cultural e natural devidamente pormenorizados e detalhados. Também se sugere a inclusão de registros fotográficos da paisagem urbana atual e de projeções futuras com o elemento impactante já instalando.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O EIV está previsto no Plano Diretor Municipal de Rondonópolis (Lei complementar nº 043, de 28 de dezembro de 2006) desde sua aprovação em 2007, o qual traça linhas básicas para sua aplicação, explicitado no capítulo II, do artigo 263 ao 266. Em linhas gerais tais artigos falam a mesma coisa que o Estatuto da Cidade, porém enquanto o que se recomenda (BRASIL 2017) “é que os estudos elencados no TR do EIV deverão ser elaborados pelo proponente, dentro do prazo estipulado pela administração pública municipal”. O Plano Diretor Municipal de Rondonópolis estabelece que quem realiza tal estudo é a Comissão Permanente de Desenvolvimento Urbano – CODEUR, definido no capítulo VIII, artigo 49:

§ 5º Para representar o Poder Executivo Municipal e auxiliar o CMDR na implementação e monitoramento do Plano Diretor Urbano e Ambiental, o Município designará uma Comissão Permanente de Desenvolvimento Urbano – CODEUR, composta por técnicos dos diversos saberes e competências profissionais de variados setores da Administração Pública e que desempenhará, dentre outras, as seguintes tarefas básicas:

I - realizar o treinamento a ser promovido pela Prefeitura, dos servidores municipais cujas atribuições estejam relacionadas diretamente com a implementação do Plano Diretor Participativo;

II – acompanhar a implementação do Plano Diretor Participativo e, avaliando sua aplicação, sugerir correções, atualizações e ajustes sistemáticos;

III – opinar sobre o que julgar importante para o planejamento urbano e ambiental do município;

IV – realizar estudos e fornecer subsídios para a regulamentação de normas complementares do Plano Diretor Urbano e Ambiental;

V – dirimir dúvidas e deliberar sobre os casos omissos desta Lei, como também, das legislações municipais de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento Urbano, Edificações, Postura, Ambiental e Sanitária.

Em relação aos tipos de empreendimentos sujeitos ao EIV a lei remete a uma regulamentação a posteriori por legislação específica. Também é definido que toda a rotina administrativa será detalhada em tal legislação. Quanto as medidas mitigadoras o PDM já elenca uma gama de contrapartidas específicas a ser realizadas pelo empreendedor definidas como:

construção de praças, parques, escolas, creches ou algum outro equipamento comunitário; postos de trabalhos dentro do empreendimento e iniciativas de qualificação profissional para os cidadãos afetados; investimentos na infraestrutura urbana ou viária; abertura de vias públicas adicionais; melhorias na sinalização e semaforização do sistema de trânsito e tráfego urbano; reserva de áreas verdes ou de uso institucional no interior do empreendimento; fixação de vagas de estacionamento de uso público na área do empreendimento; restauração de patrimônio histórico ou cultural. (RONDONÓPOLIS, 2006)

O texto finaliza reforçando a participação popular no processo de decisão garantindo e gestão democrática.

Passados mais de dez anos da previsão EIV no PDM e o mesmo ainda não possui o devido regramento em Rondonópolis, conforme é preconizado anteriormente dentro do Estatuto da Cidade, no artigo 36, que fala que:

Lei municipal definirá os empreendimentos e atividades privados ou públicos em área urbana que dependerão de elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento a cargo do Poder Público municipal. (BRASIL, 2001)

Sabendo que a regulamentação depende dos atores políticos e econômicos do município, o grande desafio desse regramento é garantir os interesses coletivos, confrontando a interesses particulares e na maioria das vezes pecuniários, de forma

a construir uma vida urbana mais justa e equilibrada ambientalmente em nosso município. Nossa preocupação é solidária ao ponto de vista de Martins Junior; Lima (2016, p. 159):

Embora clara a importância do EIV para o planejamento territorial dos municípios, para a garantia do bem-estar dos habitantes e para o atendimento à função social da propriedade, fato é que nem todos os municípios brasileiros possuem leis que especificam as atividades sujeitas ao EIV, possibilitando, desta forma, uma maior incidência de impactos negativos na vizinhança, sem contrapartidas ou mitigações, ante a omissão legislativa.

Isso seria uma evidência de que o meio ambiente urbano em Rondonópolis pode estar em prejuízo a mais de uma década.

Ainda considerando o crescimento do município durante esse período e a quantidade de empreendimentos e construções que foram licenciados, nos parece sinalizar para uma omissão dos poderes executivo e legislativo, que são solidários em suas responsabilidades nesse ponto. Segundo Martins Junior; Lima (2016) a ausência de legislação regulamentadora pode ser alvo de uma Ação Civil Pública, pois afeta os “direitos transindividuais ligados à ordem urbanística”, onde o judiciário através de sua intervenção forçaria tal regulamentação.

Outro aspecto que acaba sendo negligenciado em consequência dessa omissão legislativa é a gestão democrática. A garantia de participação popular, principalmente daqueles que são diretamente afetados pelos impactos dos empreendimentos, acaba sendo cerceada, eliminando os principais interessados dos processos de decisões. O artigo 37 do Estatuto da Cidade prevê que toda a documentação relativa ao EIV deve ser tornada pública para que sirva como instrumento de controle social e que os interesses privados não acabem por distorcer o processo.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de impacto de vizinhança EIV se mostra como um dos instrumentos fundamentais para o controle e regulação do espaço urbano. É, portanto, um instrumento de gestão e controle do município que busca dar subsídios técnicos para que a municipalidade exerça seu poder sobre o território urbano em prol do equilíbrio ambiental da cidade e da qualidade de vida urbana. Ponderando todos os aspectos que devem ser levados em consideração em um EIV, a falta de regulação dessa legislação em Rondonópolis evidencia que o a nossa vida urbana coletiva está em prejuízo onde, a mais de uma década, são instalados empreendimentos e exercidas atividades sem o devido entendimento dos impactos destes na circunvizinhança. Ao considerarmos o grande crescimento e a acelerada expansão urbana em Rondonópolis é de difícil mensuração o grau de impactos que não foram devidamente mitigados, consolidados em problemas urbanos que poderiam ser previamente compreendidos e evitados. Além da perda da qualidade do ambiente urbano, o que podemos entender

como omissão e negligência do Poder Público Municipal em regulamentar o EIV, o que o torna passível de intervenção judiciária para a garantia da aplicação dos direitos coletivos. Outro ponto primordial é que, na ausência do EIV, também fica em prejuízo a gestão democrática da cidade, onde indiretamente acaba se negando o direito ao cidadão de participar das tomadas de decisão relativas ao futuro do planejamento de Rondonópolis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9284: Classifica equipamento urbano, por categorias e subcategorias, segundo sua função predominante**. Rio de Janeiro. 1986. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/doc/27419499/NBR-09284-Equipamento-Urbano>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

ARGAN, Giulio Carlo. **História da arte como história da cidade**. 5 ed. Martins Fontes. São Paulo. 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. 5 out. 1988. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 22 fev. 2018.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade**. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, Brasília, DF. 10 jul. 2001. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 22 fev. 2018.

BRASIL. **Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF. 23 jan. 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

CULLEN, Gordon. **Paisagem urbana**. Edições 70, Lisboa, 2017.

LARCHER, Marta Alves. **O estudo de impacto de vizinhança como instrumento de preservação do patrimônio cultural brasileiro**. 2016. Disponível em: <http://www.editoramagister.com/doutrina27159371_o_estudo_de_impacto_de_vizinhanca_como_instrumento_de_preservacao_do_patrimonio_cultural_brasileiro.aspx>. Acesso em: 26 out. 2017.

LEITE, Valderi. **A evolução histórica da questão ambiental**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/289245557_A_EVOLUCAO_HISTORICA_DA_QUESTAO_AMBIENTAL>. Acesso em: 30 jul. 2018.

MARTINS JUNIOR, Wallace Paiva; LIMA, Maria Isabel Leite Silva de. **A obrigatoriedade do estudo de impacto de vizinhança e a omissão legislativa municipal**. Revista Veredas do Direito, Belo Horizonte, v. 13, n. 27, p. 157- 177, set./dez. 2016. Disponível em: <<http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/viewFile/825/521>>. Acesso em: 26 out. 2017.

ORTIGOZA, Sílvia Aparecida Guarnieri. **Paisagens do consumo: São Paulo, Lisboa, Dubai e Seul**. São Paulo: Editora UNESP Cultura Acadêmica, 2010. 232 p. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109158> >. Acesso em: 18 jul. 2018.

PIEROT, Roselane Moita; LIMA, Antônia Jesuíta de. **Reflexões sobre planejamento e crise urbana no Brasil**. XIII Coloquio Internacional de Geocrítica - El control del espacio y los espacios de control. Barcelona, 5-10 de mayo de 2014. Disponível em: < <http://www.ub.edu/geocrit/coloquio2014/Roselane%20Pierot.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

SANTORO, Paula Freire. **Perímetro urbano flexível, urbanização sob demanda e incompleta: o papel do Estado frente ao desafio do planejamento da expansão urbana.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos Regionais, v.16, n.1, pp.169-187, maio de 2014. Disponível em: < <http://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/download/3837/4627> >. Acesso em: 17 jun. 2018.

SCHVARSBERG, Benny; MARTINS, Giselle C.; CAVALCANTI, CAROLINA B. (org.) **Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação.** Brasília: Secretaria Nacional de Acessibilidade e Programas Urbanos, Programa Nacional de Capacitação das Cidades/Universidade de Brasília, 2016. 4 vol. 98p. (Coleção Cadernos Técnicos de Regulamentação e Implementação de Instrumentos do Estatuto da Cidade).

SILVA, Geovany Jessé Alexandre da; SILVA, Samira Elias; NOME, Carlos Alejandro. Densidade, dispersão e forma urbana: Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. Revista Arquitectos. V. 189. 2016/2. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/16.189/5957> >. Acesso em: 22 jul. 2018.

SILVEIRA, Bruno Rodrigues da; ARAÚJO, Rachel Vieira de. **Considerações sobre o conceito de paisagem e a aula de campo na Praça do Ferreira, Fortaleza, Ceará.** Geosaberes, Fortaleza, v. 4, n. 7, p. 61-71, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/214>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

SILVEIRA, Emerson Lizandro Dias. **Paisagem: um conceito chave em Geografia.** In: Anais do 12º Encontro de Geografia da América Latina. Montevideo. 2009. Disponível em: < <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Teoriaymetodo/Conceptuales/23.pdf> >. Acesso em: 18 jul. 2018.

ATUALIZAÇÃO DE LIMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS: O CASO DOS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE

Christiane Freitas Pinheiro de Jesus

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
(IBGE), Supervisão de Base Territorial
Aracaju - SE

Nelson Wellausen Dias

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
(IBGE), Supervisão de Base Territorial
Aracaju - SE

Fernanda dos Santos Lopes Cruz

Secretaria de Estado do Planejamento,
Orçamento e Gestão de Sergipe (SEPLAG)
Aracaju - SE

Acacia Maria Barros Souza

Secretaria de Estado do Planejamento,
Orçamento e Gestão de Sergipe (SEPLAG)
Aracaju - SE

José Henrique da Silva

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
(IBGE), Coordenação de Estruturas Territoriais

João Carlos Marques Silveira

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
(IBGE), Supervisão de Base Territorial
Aracaju - SE

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo avaliar a legitimidade dos limites político-administrativos entre os estados da Bahia e Sergipe, bem como, apresentar uma proposta de atualização cartográfica da linha divisória estadual, com base na dinâmica sociopolítico-

administrativa atual, considerando o direito consuetudinário, a dinâmica de transformação do espaço e o sentimento de pertencimento das populações. A metodologia envolveu análise dos documentos legais, cartográficos, imagens aéreas, planejamento dos trabalhos de campo entre o IBGE e as instituições estaduais da Bahia e Sergipe para reunião com os gestores municipais e georreferenciamento de detalhes físicos da divisa, dos equipamentos públicos e da subordinação político-administrativa da população residente da área. Os procedimentos metodológicos também relacionaram a identidade da população residente, com a assistência administrativa recebida e a infraestrutura implantada. As geotecnologias utilizadas no projeto permitiram a elaboração de Memorial Descritivo da divisa estadual de forma clara e objetiva, com pontos notáveis descritos por coordenadas, considerando os acordos sociopolítico-administrativos existentes, o que facilitará a gestão territorial e possibilitará melhor suporte para uma administração pública mais eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: divisa estadual, atualização cartográfica, legitimidade sociopolítico-administrativa.

ABSTRACT: The objective of this work is to evaluate the legitimacy of the political-administrative boundaries between the states of

Bahia and Sergipe, as well as to present a proposal for legal and cartographic updating of the state boundary. This proposal is based on current sociopolitical and administrative dynamics, considering customary law, the dynamics of human induced space transformation, and the sense of population territory attachment. The methodology involved analysis of legal, cartographic, orbital and aerial images, fieldwork planning between IBGE personnel and state institutions of Bahia and Sergipe for meeting with municipal managers and, later, obtain georeferenced data of physical elements, public equipment, and political subordination of the resident population with high spatial accuracy. Field survey methods also aimed at identifying and associating the resident population with received administrative assistance and infrastructure available to them. The geotechnologies used in the project allowed the development of technical reports and legal descriptive documents in a clear and objective manner, with notable points described by coordinates. This material took into consideration the existing socio-political-administrative agreements, which will facilitate territorial management and provide better support for a more effective public administration.

KEYWORDS: state motto, cartographic update, socio-political-administrative legitimacy.

1 | INTRODUÇÃO

As divisas entre os estados brasileiros começaram a ser definidas no Brasil colônia. Em 1933, o Conselho Nacional de Estatística – CNE, publicou a primeira descrição da divisa interestadual: “Limites dos Estados Unidos do Brasil”. A publicação do Decreto Lei Federal nº 311/38 estabeleceu a primeira divisão territorial do país. Em 1940, a coordenação do Conselho Nacional de Geografia – CNG, atual IBGE, publicou o “Atlas das Linhas Limítrofes e Divisórias do Brasil (1940)”. Concomitantemente, os Estados da Bahia e Sergipe publicaram normas legais individualizadas descrevendo os respectivos territórios estaduais (Decreto nº 11.089/38-BA e Decreto Lei nº 295/40-SE). Embora os Decretos sejam utilizados na representação da cartografia oficial dos dois estados, perdem sua eficácia, pois, de acordo com o Artigo 48,V, da Constituição Federal de 1988, cabe ao Congresso Nacional, dispor, dentre outras coisas, sobre os limites do território nacional. Além disso, o tempo decorrido destas publicações, considerando a dinâmica de ocupação e transformação do espaço, associado à dinâmica populacional, tornam seu uso inviável.

É neste contexto de indefinição administrativa, jurídica e cartográfica, onde verificamos populações assistidas por estados e municípios que não correspondem à sua jurisdição territorial ou deixam de ser assistidas pelos dois entes federativos, que surge a necessidade de avaliação da legitimidade dos limites político-administrativos entre Bahia e Sergipe, especialmente quando, hoje, dispõe-se de um aparato geotecnológico inexistente na década de 40.

O trabalho, propõe-se a realizar esta avaliação e apresentar uma proposta de atualização cartográfica na região limítrofe entre Bahia e Sergipe, com base na situação sociopolítico-administrativa atual, considerando o direito consuetudinário, a dinâmica

de transformação do espaço e o sentimento de pertencimento das populações.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com a Constituição Federal de 1988, em seus Artigos 12 e 18, uma proposta de atualização cartográfica interestadual requer uma base legal na esfera federal que a fundamente e que integre os níveis de governo estadual e municipal. No Brasil, este projeto é pioneiro entre os Estados da federação, visto que hoje, com exceção do Distrito Federal, nenhum outro Estado brasileiro possui seus limites definidos em lei e por coordenadas. Neste sentido, foram conjugados os esforços das equipes técnicas da Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão - SEPLAG (SE), da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, embasados na imparcialidade, no rigor técnico - com uso das geotecnologias mais modernas - no direito consuetudinário ou costumeiro, que estabelece leis a partir dos costumes sociais, e, levando em consideração o sentimento de pertencimento das populações. O levantamento e análise dos documentos legais (Decreto nº 11.089/38, Decreto Lei nº 295/40, Atlas das Linhas Limítrofes e Divisórias do Brasil - CNG, 1940) cartográficos, imagens de satélite e fotografias aéreas constituiu a primeira etapa do trabalho, quando pôde-se constatar a imprecisão descritiva dos componentes preponderantes da linha divisória entre os dois estados.

A segunda etapa, envolveu reuniões e investigações em campo, quando os gestores municipais foram convidados a participarem, no intuito de compreenderem a finalidade do projeto, com liberdade para opinar e contribuir com informações sobre as áreas onde efetivamente exercem ação político-administrativa. A equipe formada por técnicos e gestores, percorreu todo o trecho da divisa, utilizando equipamento receptor GPSMap 78s da GARMIN conectado para navegação em tempo real, à uma base cartográfica composta por imagens de satélite e cartas-base em escala de 1:100.000, utilizando o *software* Qgis 2.14 com o *plugin* GPS Tools ativado.

As referências geográficas naturais citadas nos Decretos antigos e equipamentos públicos foram reambulados, bem como, projetos de infraestrutura social foram identificados, segundo a administração municipal que lhes deu origem. Nos trechos onde as referências naturais coincidiram com a menção feita nos documentos legais, a exemplo do trajeto partindo de Poço Verde, onde o rio Real deságua no oceano Atlântico, entre os municípios de Indiaroba - SE e Jandaíra - BA, foram realizados ajustes apenas de natureza cartográfica, ao melhor insumo disponível. Porém, foi na fronteira entre os municípios sergipanos de Canindé de São Francisco, Poço Redondo, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Carira, Pinhão, Simão Dias e Poço Verde, com os municípios baianos de Santa Brígida, Pedro Alexandre, Coronel João Sá e Paripiranga, respectivamente, que houve necessidade de mais elementos para análise, em virtude das transformações ocorridas no espaço geográfico, da indefinição

e não localização de pontos concretos de referência e da existência de superposição de competências entre as administrações municipais. A maior parte desta área é composta por linhas secas, onde as referências descritas nos documentos legais, embora tenham sido consideradas, não se mostraram suficientemente confiáveis para identificar com segurança o domínio territorial de ambos os Estados. Para tanto, no intuito de verificar elementos que corroborassem à luz do direito consuetudinário, também buscou-se identificar: o vínculo administrativo dos empreendimentos econômicos; a personalidade jurídica das entidades públicas e privadas; a presença de elementos probatórios como instalações escolares ou da área de saúde, existência de servidores concursados, ambulâncias de plantão, veículos para o transporte de estudantes, cisternas, poços, chafarizes, rodovias e obras civis; a instalação de rede distribuidora de energia e água, sítios de interesse antropológico, a exemplo de cemitérios e locais de veneração, que juntos retratam o sentimento de pertencimento das populações. Neste sentido, as populações residentes nas localidades foram ouvidas, tomando como base adaptações do método de entrevista narrativa descrito em Jovchelovitch e Bauer (2007). A aplicação adaptada deste método, conjugando as considerações de Hall (1992) e Luquini (2015), permitiu correlacionar o histórico das divisas com o relato dos moradores, assim como, facilitou a compreensão da extensão dos limites municipais efetivamente praticados, e reconhecidos nos acordos sociais, estabelecidos ao longo de décadas entre as populações residentes. A análise conjugada do material coletado nas duas etapas supracitadas, subsidiou a definição de novos vértices, a partir dos quais, pôde-se traçar a proposta de um limite atualizado entre Bahia e Sergipe. A próxima e última etapa deverá se concretizar com a aprovação da nova Lei no Senado Federal, a qual deverá subsidiar, de forma mais objetiva, as políticas públicas locais, como ilustra a Figura 1.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxo de procedimentos adotados revelou os seguintes resultados:

1) Para as imprecisões cartográficas identificadas próximas a pontos de referência mais concretos, como talvegues de rios, nascentes, estradas, dentre outros, as geotecnologias adotadas, associadas às verificações em campo, demonstraram ser recursos suficientes e apropriados para a realização dos ajustes, a exemplo do trecho entre Canindé de São Francisco (SE) e Paulo Afonso (BA), que se dá pelo talvegue do rio Xingó; entre Pedro Alexandre (BA) e Nossa Senhora da Glória (SE): *“desce por este (rio Sergipe) até cruzar com a estrada Colônia Santa Helena - Cipó de Leite (coordenadas -10°11'48,28”; -37°46'00,81”)”*; do trecho dos limites entre Coronel João Sá (BA) e Paripiranga (BA) com Carira (SE) que, segue pelo *“talvegue do rio Cansanção até a sua foz”* e do trecho entre Paripiranga (BA) e Pinhão (SE) que, limita-se pelo *“talvegue do rio Salgado e depois pelo talvegue do rio Vaza Barris”*.

2) Para os casos de indefinição dos componentes determinantes da linha divisória,

como áreas de linhas secas e de superposição de competências administrativas, os elementos atuais concretos de referência na paisagem, agora associados ao sentimento de pertencimento da população, retratados nos acordos sociais, demonstraram ser instrumentos mais apropriados para a consolidação da divisa atualmente praticada. O trecho entre Pedro Alexandre (BA) e Carira (SE), configura-se em um exemplo deste caso, onde verificou-se sobreposição das linhas divisórias dos dois decretos estaduais. O ajuste considerou o critério de pertencimento da população e os elementos da paisagem local, como estradas, leitos de riachos e serras, possibilitando o fácil reconhecimento da linha divisória estadual pela população local e pelos gestores municipais.

Seguindo o mesmo critério, merece destaque o assentamento 12 de Março, que, segundo Decreto-Lei 295/40, estaria localizado no município de Santa Brígida (BA). Todavia, na prática, o entendimento, não somente da população na região, como dos próprios administradores locais, é de que, historicamente, o povoado pertence a Canindé de São Francisco (SE). Prova disto, é que, a administração deste município beneficia aquela população com a implantação e manutenção de infraestrutura social e urbana, como ilustra a Figura 2.

A localidade do Boqueirão segundo o Atlas das Linhas Limítrofes e Divisórias do Brasil (CNG, 1940), pertenceria ao município de Poço Redondo (SE), depois das campanhas de campo, foi possível constatar que, a comunidade se reconhece pertencente ao município de Pedro Alexandre (BA), do qual recebe fornecimento de energia elétrica, atendimento de saúde, educação, além de cartório eleitoral (Figura 03).

Merece destaque ainda, neste trecho, o cemitério de Serra da Guia que, embora, localizado em Pedro Alexandre (BA), por ser um local de ritos importantes para a comunidade quilombola de mesmo nome, em Poço Redondo (SE), foi incluído na proposta, considerando o valor de pertencimento para as populações locais, como parte deste último município (Figura 04).

No trecho entre Pedro Alexandre (BA) e Monte Alegre de Sergipe (SE) verificou-se uma significativa sobreposição de limites, envolvendo nove localidades, partindo-se dos documentos legais investigados. No trabalho de campo, as dúvidas foram dirimidas pelos acordos sociais. Com base nos testemunhos dos moradores mais antigos das comunidades, foi acordado que as localidades de Guidos, Zumbi, Vajada, Águas Belas e Monte Santo pertencem a Pedro Alexandre (BA), município que as administra. Já as localidades de Couros, Baixa do Tatu, Monte Santo 2, Agrovila do Assentamento Nossa Senhora de Lourdes e Agrovila do Assentamento Nossa Senhora Aparecida, todos se reconhecem pertencentes a Monte Alegre de Sergipe (SE). A figura 05 ilustra um dos casos verificados em campo.

Outro trecho importante, onde a investigação em campo foi determinante, envolveu cinco localidades em litígio entre Paripiranga (BA) e Simão Dias (SE). As intervenções administrativas mantidas por este município e as relações de

pertencimento manifestadas pelos moradores dessas localidades no acordo social, foram determinantes para o posicionamento dos vértices da nova proposta, considerando todas estas localidades como pertencentes a Simão Dias (SE).

Partindo de todos os casos investigados, dos acordos sociais e dos ajustes propostos, o novo mapa elaborado (Figura 06), contendo os novos limites, bem como, o memorial descritivo atualizado da linha seca da divisa, foram enviados às casas legislativas dos dois Estados para validação e aprovação. Na sequência, deverá ser submetido ao Senado Federal para criação de Lei. A concretização desta etapa, levará a causa do direito consuetudinário ao direito de fato, o que resultará não apenas em uma cartografia mais condizente com a realidade, mas, principalmente, em um aparato mais objetivo para planejamento e execução de políticas públicas.

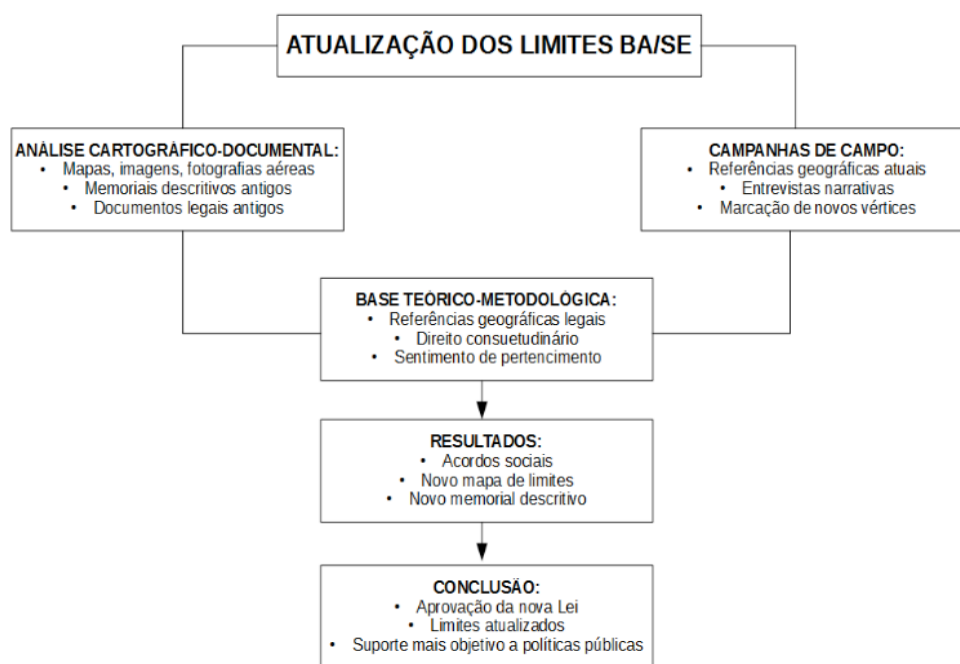


Figura 1 – Síntese teórico-metodológica

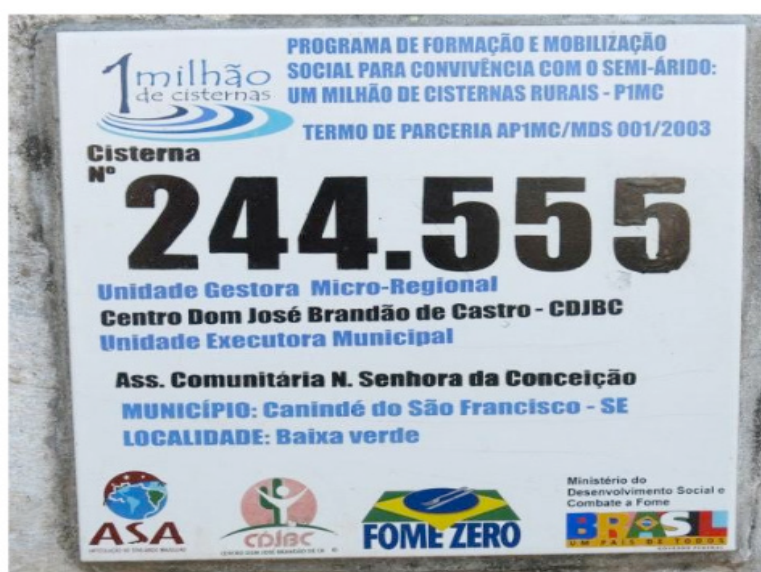


Figura 2 - Placa de projeto de infraestrutura social em Canindé do São Francisco (SE).



Figura 3 – Entrevista a morador do povoado Boqueirão - Pedro Alexandre (BA).



Figura 4 – Comunidade de Serra da Guia em Poço Redondo (SE).



Figura 5 – Escola construída pelo município de Pedro Alexandre (BA) na localidade Couros, porém, abandonada, por ser reconhecida em território de Monte Alegre (SE).

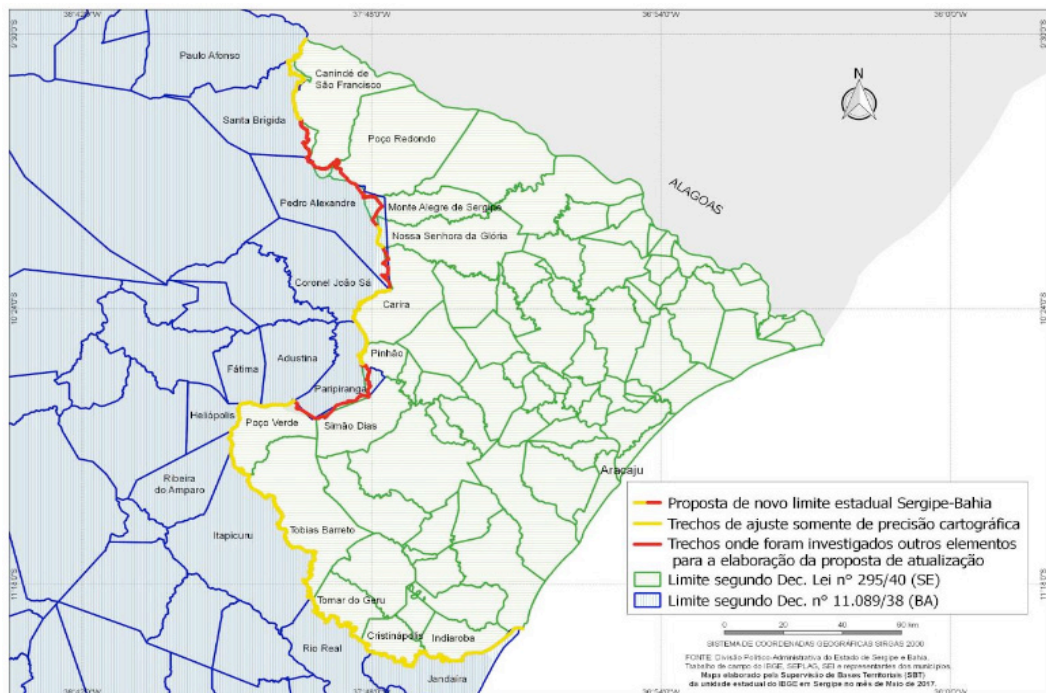


Figura 6 – Espacialização da proposta de atualização do limites entre Bahia e Sergipe.

4 | CONCLUSÃO

Embora a desatualização das linhas divisórias interestaduais no Brasil não seja uma exclusividade entre os Estados da Bahia e Sergipe, estes dois entes federativos, atualmente, dispõem de material técnico e metodologia desenvolvida e testada pelo IBGE para a atualização e consolidação das suas divisas, com base nos acordos sociais e administrativos estabelecidos. Todo o levantamento permitiu a definição de um perímetro por coordenadas geográficas associadas ao sistema geodésico brasileiro em vigor, seguindo, preferencialmente, elementos geográficos naturais e artificiais, assim como, o sentimento de pertencimento da população, o que pôde ser retratado,

principalmente, pelo critério administrativo.

Neste aspecto, ainda é importante ressaltar que, para fins de obtenção de recursos oriundos do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), a proposta de atualização em questão, não altera nenhuma das faixas de classificação dos municípios envolvidos. Portanto, sua aprovação legal vem de encontro a uma necessidade urgente de colocar o Brasil no mesmo nível dos países desenvolvidos, que compreendem a importância da estrutura territorial como caminho para extinção de problemas de limites, prevenção de conflitos sociais, distribuição de cargas tributárias de maneira mais justa e objetiva, e manutenção de uma cartografia de estrutura territorial sempre atualizada e moderna dentre outros diversos fatores.

REFERÊNCIAS

BAUER, Martin W; JOVCHELOVITCH, Sandra. Entrevista Narrativa . In: BAUER, M. W; GASKELL, G. (Org.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007. cap. 4, p. 90-113.

HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**. 11. ed. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 1992. 102 p.

LUQUINI, R. C. da S. **Os limites das fronteiras internas de domínio do estado da Bahia: conflitos e atualização**. 2015. 164 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2015.

IBGE. **Limites dos Estados Unidos do Brasil Limites dos Estados Unidos do Brasil** : sistematização provisória das linhas de limite do território da República e do de cada uma das suas unidades políticas . Conselho Nacional de Estatística – CNE. Rio de Janeiro: Typ. do Departamento Nacional de Estatística, 1933.

_____. **Atlas das linhas limítrofes e divisórias do Brasil**: I texto. Rio de Janeiro: CNG, 1940. 102 p.

BRASIL. **Decreto-lei nº 311**, de 02 de março de 1938. Dispõe sobre a divisão territorial do país, e dá outras providências Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-311-2-marco-1938-351501-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

BAHIA. **Decreto nº 11.089**, de 30 de novembro de 1938. Fixa a divisão territorial do Estado, que vigorará, sem alteração, de 1 de janeiro de 1939 a 31 de dezembro de 1943 e dá outras providências. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=248049>>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

SERGIPE. Decreto-Lei nº 295, de 02 de Setembro de 1940. Interpreta linhas divisórias intermunicipais e interdistritais. **Diário Oficial do Estado de Sergipe**. Aracaju, 03 set. 1940.

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHOS DA RODOVIA RN-118

Alisson Cabral Barreto

Universidade Federal Do Rio Grande do Norte –
UFRN
Natal – RN

Milany Karcia Santos Medeiros

Universidade Federal Rural Do Semi-Árido –
UFERSA
Angicos - RN

Alyne Karla Nogueira Osterne

Universidade Federal Rural Do Semi-Árido –
UFERSA
Angicos - RN

Ricardo Leandro Barros da Costa

Universidade Federal Rural Do Semi-Árido –
UFERSA
Angicos - RN

Lanna Celly da Silva Nazário

Universidade Federal Do Rio Grande do Norte –
UFRN
Natal – RN

RESUMO: Este trabalho objetiva realizar uma avaliação funcional objetiva de um trecho da RN-118 que corta o município de Ipanguaçu/RN, uma vez que, essa rodovia liga diversos municípios do estado, se tornando uma das principais rodovias do Rio Grande do Norte e, encontra-se em um estado onde os defeitos superficiais no pavimento são evidentes e prejudiciais. De acordo com a literatura,

esse trecho da rodovia foi dividido em três trechos homogêneos e dentre esses, em sete subtrechos. A partir de visitas realizadas em agosto de 2017 foi possível realizar a observação visual, registros fotográficos e identificar a ocorrência de defeitos no pavimento de cada trecho. Com essas informações e seguindo as premissas das normas do DNIT, foi calculado o IGG e determinado o conceito de degradação do pavimento para cada subtrecho. Ao término dessa avaliação foi constatada a ocorrência de diversos defeitos, como: fendas, afundamentos, desgastes, painelas e remendos. Observou-se também que 86% dos subtrechos foram classificados objetivamente com conceito “péssimo” ou “ruim”, o que indica um alto grau de deterioração do pavimento. Assim, com os resultados obtidos é possível concluir que o pavimento da rodovia não proporciona condições de conforto e segurança aos usuários, devido ao alto grau de deterioração da sua superfície e a falta de manutenção periódica. Contudo, para aprofundar as análises no pavimento da RN-118, seria necessário realizar uma avaliação subjetiva e a avaliação estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentação, Avaliação funcional, Manifestações patológicas.

1 | INTRODUÇÃO

As construções de estradas começaram a ser realizadas devido à necessidade que o homem tinha de ampliar seu território e melhorar o acesso a fontes de água, minerais. As estradas mais antigas são originadas na China e desde essa época já existia o entendimento de que as rodovias faziam parte de sociedades desenvolvidas, mas que com o passar do tempo sofriam degradação e necessitavam de manutenções (BALBO, 2007). Assim, os pavimentos possuem um “ciclo de vida”, em que a manutenção periódica é necessária para que o pavimento permaneça conservado.

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional dos Transportes em 2005 relata que mais de 70% do sistema rodoviário do país é deficiente (BALBO, 2007). Mesmo assim, o sistema rodoviário no Brasil presencia melhorias ao longo do tempo, mesmo que tardias, porém, a maioria dessas melhorias se restringe às rodovias federais.

Devido às manifestações patológicas presentes na superfície do pavimento, a avaliação funcional é de suma importância para os usuários, uma vez que esses defeitos afetam a sua segurança e o conforto ao rolamento. Essa avaliação permite identificar os problemas e realizar uma análise preliminar das características de degradação superficial e deformação da estrada.

A RN – 118 liga diversos municípios do estado, o tráfego de veículos de pequeno e grande porte nessa região é muito intenso. Essa rodovia encontra-se em um estado onde os defeitos superficiais no pavimento são evidentes e provocam prejuízos econômicos e de segurança aos usuários. Assim, o presente trabalho tem por finalidade avaliar as condições da rodovia RN-118, em um trecho com extensão de aproximadamente 30 km que ligam a cidade de Itajá à cidade de Ipanguaçu, através de uma avaliação funcional, para conhecer as condições do pavimento e contribuir de forma positiva para a sociedade do município de Ipanguaçu e da região.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pavimentação

Conforme o DNIT (2006), pavimento de rodovias é a superestrutura constituída por camadas, formadas por espessuras finitas, apoiadas sobre um semi-espaço denominado de subleito.

De acordo com a norma brasileira de pavimentação, NBR 7207/1982, da ABNT, o pavimento é uma estrutura construída após a execução de terraplanagem, com a função de: resistir aos esforços verticais e horizontais gerados a partir do tráfego de veículos e de condições climáticas, distribuir os esforços verticais ao subleito e melhorar as condições de rolamento sem gerar deterioração, em relação à comodidade e segurança.

2.2 Classificação dos pavimentos

Os pavimentos podem ser tradicionalmente classificados em dois grupos: pavimentos flexíveis e rígidos. O primeiro, respectivamente, é constituído por um revestimento asfáltico, em que a deformação elástica é significativa em todas as camadas e a carga aplicada é distribuída em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Já o pavimento rígido é aquele no qual o revestimento absorve a maioria das tensões geradas pelo carregamento aplicado, pois possui elevada rigidez, em relação às camadas inferiores (DNIT, 2006).

2.2.1 Pavimento flexível

Comumente, os pavimentos flexíveis são associados aos pavimentos asfálticos. Conforme Marques (2012), as camadas dos pavimentos são denominadas por: subleito, leito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento. O subleito é o terreno de fundação onde pavimento será assentado; o leito é a superfície do subleito após terraplanagem; o reforço do subleito é a camada executada sobre o subleito regularizado, a fim de melhorar sua qualidade; a sub-base é realizada para complementar a base, sendo executada quando não é permitido realizar a base diretamente sobre o reforço do subleito; a base é a camada em que se constrói o revestimento, destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego; já o revestimento é a camada que recebe diretamente a força aplicada pelo tráfego de veículos.

2.3 Manifestações patológicas

As manifestações patológicas que ocorrem no pavimento são geradas a partir da escolha dos materiais utilizados, da execução do pavimento e da falta de manutenções preventivas e corretivas. Essas manifestações patológicas são consequências da ruptura estrutural e funcional. (BARRETO, 2016).

2.3.1 Defeitos do pavimento flexível

Os defeitos encontrados no revestimento asfáltico podem ser definidos de acordo com a norma DNIT 005:2003 como:

Fenda: descontinuidade presente na superfície do pavimento capaz de provocar a abertura de pequeno ou grande porte, apresentando-se sob diversas formas. Esse defeito pode se subdividir em fissuras e trincas.

Afundamento: deformação caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo ser dividida em afundamento plástico e afundamento de consolidação.

Escorregamento: ocorre quando o revestimento sofre deslocamento em relação à camada subjacente do pavimento causando o aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Exsudação: defeito caracterizado pelo excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento devido a migração do ligante através do revestimento.

Desgaste: defeito conseqüente do arrancamento progressivo do agregado do pavimento provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego. Geralmente pode ser identificado por aspereza na superfície do revestimento.

Panela ou buraco: defeito identificado por uma cavidade que se forma no revestimento, capaz de alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar desagregação.

Remendo: preenchimento de panela com camadas de pavimento na operação denominada “tapa-buraco”. Pode ser classificado em: remendo profundo, quando o revestimento é substituído; e remendo superficial, quando é executada uma correção, através da aplicação de uma camada betuminosa, em área localizada, da superfície do pavimento. O Quadro 1 apresenta um resumo dos defeitos presentes no pavimento.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS
Fissuras				F1	- - -
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	curtas	TTC	FC-1 FC-2 FC-3
			longas	TTL	FC-1 FC-2 FC-3
		Longitudinais	curtas	TLC	FC-1 FC-2 FC-3
			longas	TLL	FC-1 FC-2 FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	- FC-2 -
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	- - FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento	TRR	FC-1 FC-2 FC-3	
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	- FC-2 -
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	- - FC-3
	OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP	
		da trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP	
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC	
		da trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC	
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O	
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E	
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX	
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D	
"Painelas" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P	
Remendos			Remendo Superficial	RS	
			Remendo Profundo	RP	
NOTA 1: Classe das trincas isoladas					
FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.					
FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.					
FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.					
NOTA 2: Classe das trincas interligadas: As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.					

Quadro 1 – Resumo dos defeitos – Codificação e classificação

Fonte: DNIT 005:2003

2.4 Métodos de avaliação funcional

A avaliação funcional é uma análise preliminar das características de degradação superficial e deformação da rodovia e tem a capacidade de proporcionar conforto ao rolamento a partir das condições superficiais dos pavimentos (MATTOS, 2014).

Para a avaliação do pavimento é necessário à coleta de uma série substancial de dados e são aplicadas diversas técnicas, dentre elas estão às avaliações subjetiva e objetiva. A primeira, respectivamente, determina o estado de restauração do pavimento segundo os conceitos qualitativos. Já a segunda técnica reconhece que a restauração do pavimento seja expressa por meio da quantificação (DNIT, 2006).

2.5 Avaliação objetiva

O estado da superfície do pavimento é capaz de ser avaliado através do registro de defeitos. Esse registro utiliza uma série de defeitos quantificados e medidos de forma objetiva para avaliar a condição superficial. Desse modo, nessa avaliação o Índice de Gravidade Global é de fundamental importância (MATTOS, 2014).

O índice de gravidade global (IGG) é determinado por meio das premissas da norma DNIT 006:2003 – PRO e para o emprego da norma é necessário que sejam consultadas as normas DNIT 005:2003 – TER e DNIT 007:2003 – PRO (SILVA, 2006).

A determinação do IGG é realizada de forma amostral para as estações, em que a área e o distanciamento entre essas é especificado pelo DNIT. Em rodovias de pista simples as estações são inventariadas a cada 20m, alternados entre as faixas (40m em 40m em cada faixa); já no caso de pista dupla as estações são listadas a cada 20m, na faixa mais solicitada de cada pista. Com a demarcação das estacas, a superfície de avaliação equivale a 3m antes e 3m após a estaca, totalizando uma área de 6m de comprimento e largura igual a da faixa avaliada. A figura 1 ilustra um modelo exemplificando a superfície de avaliação em pista simples (Bernucci *et al*, 2008).

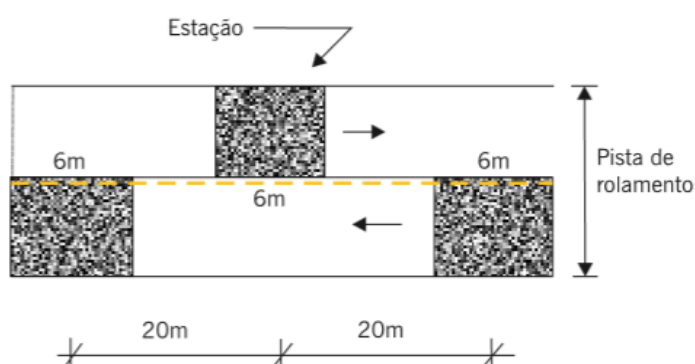


Figura 1. Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples.

Conforme Bernucci *et al.* (2008), com a utilização de uma planilha, os defeitos na área demarcada são anotados de acordo com a terminologia presente na DNIT 005:2003 – TER. De acordo com a norma DNIT 006:2003 – PRO, todas as trincas

isoladas devem ser anotadas como do Tipo 1 e, os remendos superficiais e profundos devem ser anotados como R.

Esse método contabiliza as frequências absolutas de cada defeito e uma frequência relativa ao conjunto das estações de certo segmento (Bernucci *et al*, 2008).

De acordo com a norma DNIT 006:2003 – PRO, a frequência absoluta (f_a) é definida como sendo o número de vezes em que determinada ocorrência é verificada. Já a frequência relativa (f_r) é determinada através da seguinte Fórmula 1:

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (1)$$

Em que:

n – número de estações inventariadas.

Ainda conforme a DNIT 006:2003 – PRO, para cada estação inventariada é necessário que o Índice de Gravidade Individual (IGI) seja calculado. Esse cálculo é realizado a partir da Fórmula 2:

$$IGI = f_r \cdot f_p \quad (2)$$

Em que:

f_p – fator de ponderação.

De acordo com a norma DNIT 006:2003 – PRO, o índice de gravidade global (IGG) é calculado a partir da soma dos índices de gravidade individuais (IGI) para cada trecho homogêneo. Esse cálculo é apresentado na Fórmula 3.

$$IGG = \sum IGI \quad (3)$$

Dessa forma, o IGG quantifica a frequência em que cada tipo de defeito persiste em acontecer, e junto a isso, estabelecendo um fator de ponderação para cada defeito, determinar um índice acumulado com o objetivo de atribuir um conceito ao estado superficial do pavimento (MATTOS, 2014). A Tabela apresenta os níveis de avaliação de degradação de acordo com o IGG.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$

Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Tabela 1. Conceito de degradação do pavimento em relação ao IGG.

3 | MATERIAIS E METÓDOS

A RN-118 é uma das principais rodovias do estado do Rio Grande do Norte, uma vez que liga diversos municípios de suma importância econômica. Devido a sua importância para o estado, sobre essa rodovia trafegam diariamente diversos veículos particulares, como também, veículos com transporte de carga elevada, intensificando a transferência de carga para o pavimento.

O estudo foi desenvolvido no trecho da rodovia entre Itajá e Macau, no município de Ipanguaçu/RN. Esse município é localizado na microrregião do vale do Açu, com uma área de unidade territorial de 374,248 km², população estimada de 15.464 habitantes e, densidade demográfica de 37,02 hab/km² (IBGE, 2017). A Figura 2 ilustra o mapa do Rio Grande do Norte e o mapa de Ipanguaçu localizado no estado.



Figura 2. Localização de Ipanguaçu no mapa do Rio Grande do Norte.

3.1 Estudos preliminares

Para gerar um conceito geral sobre a situação do pavimento da rodovia foi necessário a coleta de dados preliminares que fornecesse essa informação. Assim, um levantamento histórico foi realizado junto a organização rodoviária responsável pela construção da RN-118, o Departamento Estadual de Rodagens (DER). A partir de visitas realizadas ao DER foi possível obter informações sobre o projeto, sobre a estrutura do pavimento e informações a respeito de manutenções realizadas ao longo da vida útil da rodovia.

3.2 Determinação dos Subtrechos de Superfície Homogênea

Conforme o DNIT (2010), os segmentos homogêneos de rodovias são definidos

como trechos que apresentem um conjunto de características semelhantes. De acordo com o DNIT três especificações são utilizadas para a classificação: se a pista é simples ou dupla, ocupação da região (urbana e rural) e curvatura vertical do segmento.

Um segmento de rodovia é um setor de forma contínua que não sofre interrupção de um cruzamento e possibilita a operação de duas vias de tráfego. Um segmento inicia-se no centro de certa intersecção e termina no centro da próxima intersecção, ou onde ocorra uma mudança a partir de um segmento homogêneo para outro segmento homogêneo.

Conforme a literatura, para o presente trabalho foi considerado como subtrecho homogêneo, a extensão de via asfaltada que contenha ao longo de seu comprimento, na superfície do pavimento, características semelhantes de volume de tráfego e intensidade de defeitos. Desse modo, através de uma análise visual, três grandes trechos foram considerados para a realização da avaliação funcional e dentro desses trechos foram determinados os subtrechos homogêneos.

O primeiro trecho, nominado de trecho A, é inserido na parte da rodovia de pista simples com extensão de aproximadamente 580m. Essa área foi escolhida por estar com um pavimento em alta degradação. A Figura 3 ilustra a localização desse primeiro trecho de pista simples.



Figura 3. Localização do trecho A.

O segundo e o terceiro trecho, trechos B e C, são localizados na Av. Luiz Gonzaga no município de Ipanguaçu, na parte da rodovia de pista dupla, com extensão de aproximadamente 660m. O segundo trecho é situado no sentido sul – norte da avenida e o terceiro trecho no sentido norte – sul. Essa área foi escolhida por se encontrar no centro da cidade, onde o fluxo de veículos é muito elevado e a degradação do pavimento é intensificada. Para esses dois trechos foram definidos subtrechos a partir da mudança de característica da via (cruzamento de vias) ou interrupção da mesma. A Figura 4 ilustra a localização dos trechos de pista dupla.



Figura 4. Localização dos trechos B e C.

3.3 Avaliação superficial objetiva

A avaliação objetiva é realizada através da norma DNIT 006/2003 – PRO (Procedimento: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos) em que, classificará os defeitos presentes na superfície.

Para a realização da avaliação é necessário utilizar diversos aparelhos, dentre esses, para o presente trabalho foi utilizado: pincel de demarcação para identificar a área de avaliação; trena e GPS para a medição e determinação de cada estação; e os formulários foram utilizados para a identificação dos defeitos. Outro aparelho presente na norma é a treliça de alumínio utilizada para a medição da trilha da roda, porém, esse aparelho não foi utilizado nesse trabalho devido a sua indisponibilidade.

O trecho A é um trecho homogêneo de pista simples e para a determinação das estações, os centros das superfícies de avaliação se encontram a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego).

Os trechos B e C são trechos de pista dupla, em que as estações foram determinadas a cada 20 m na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista. Esses dois trechos foram divididos em seis subtrechos homogêneos.

Para a determinação da área de avaliação, em cada estação foi pintado dois traços, três metros adiante e três metros atrás. Delimitada a área de avaliação foi realizada a ocorrência de defeitos em cada estação com o auxílio de formulários.

Os formulários empregados na contagem dos defeitos especificados pela DNIT 005/2003 - TER foram construídos de acordo com a sugestão contida na DNIT 006/2003 – PRO. Os defeitos foram classificados por tipos e foi obtido o fator de ponderação para cada um. Para o presente trabalho foi realizada uma planilha em que foram anotados nas colunas a estação inventariada e os defeitos que são presentes na norma.

O IGG é a soma dos IGI de cada seção, assim é necessário obter a frequência absoluta e relativa dos defeitos. Para o cálculo dessas frequências foi utilizado os dados coletados nas planilhas de inventário de defeitos de cada seção. Com a obtenção do

IGG é possível indicar o grau de deterioração do pavimento da rodovia.

4 | ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Levantamento histórico e das condições da rodovia

De acordo com registros encontrados no DER, o trecho da rodovia RN-118 que vai da BR -304 a Macau tem aproximadamente 72 km e teve sua construção finalizada em meados do ano de 1983. Essa construção possui 9 metros de largura, com base de 20 cm em piçarro lacterito, cobertura feita de pequenas pedras servindo como fundação. O material utilizado nas camadas do pavimento foi retirado dos arredores da região, realizando cortes no terreno. O primeiro revestimento asfáltico foi realizado em Tratamento superficial duplo (TSD), camadas sucessivas de emulsão asfáltica e brita.

A faixa de domínio da rodovia é de 40 metros, em que são 20 metros para cada lado, contando do eixo da rodovia. O tráfego atual da rodovia, por meio de estimativas, é em torno de 20 mil veículos, por dia, onde grande parte desses veículos são de carga pesada.

A primeira restauração da via ocorreu em 1986. Inicialmente a manutenção foi realizada com conservação rotineira e preventiva, limpeza de meio fio e roçada manual. Após essa restauração, apenas pequenas correções foram realizadas, os chamados “tapa buracos”. Em 2008 a RN-118 passou por outra restauração, em que o revestimento da via foi realizado em CBUQ.

4.2 Índice de gravidade global

Em todos os sete subtrechos foram realizados inventários de ocorrência de defeitos para que, segundo a Norma DNIT 006/2003 – PRO, o IGG de cada subtrecho pudesse ser encontrado. Nos inventários de defeitos estão contidos: a frequência de ocorrência dos defeitos especificados na Norma DNIT 005/2003_TER, o valor do IGG e a conceituação do estado do pavimento. O Quadro 1, mencionado anteriormente, foi utilizado para identificar os defeitos. A Tabela 2 apresenta as informações e o IGG para o trecho A.

Item	Natureza do defeito	Fa	Fr	Fp	IGI
1	(FC-1): F1, TTC, TIL, TLC, TLL, TRR	12	100,00	0,2	20,00
2	(FC-2): J, TB	15	125,00	0,5	62,50
3	(FC-3): JE, TBE	2	16,67	0,8	13,33
4	ALP, ATP	5	41,67	0,9	37,50
5	O e P	12	100,00	1,0	100,00
6	EX	0	8,33	0,5	4,17
7	D	16	133,33	0,3	40,00
8	R	6	50,00	0,6	30,00
9	Média das flechas	0	0,00	1,333	0,00
10	Variâncias das flechas	0	0,00	1,0	0,00
Nº de estações inventariadas		29	Somatório IGI=IGG		303,33
Conceito:					Péssimo

Tabela 2. Cálculo do IGG para o trecho A.

É importante ressaltar que as medidas das flechas das trilhas de rodas externas (TER) e internas (TRI) não foram realizadas e, a ausência desses dados influencia no valor do IGG. Portanto o IGG de cada subtrecho pode ter seu valor elevado caso seja calculado as medidas das flechas, mas, a alteração não seria significativa. A Tabela 3 apresenta o resumo dos valores de IGG para cada subtrecho e seus respectivos conceitos.

Trecho	Subtrecho	Valores do IGG	Conceito
A	A1	303,33	Péssimo
B	B1	155,83	Ruim
	B2	138,33	Ruim
	B3	105	Ruim
C	C1	45	Regular
	C2	100,83	Ruim
	C3	106,67	Ruim

Tabela 3. Valores do IGG para os trechos A, B e C.

O trecho A, situado na zona rural, é o trecho com maior valor de IGG e com o pior conceito para o pavimento, isso pode ser explicado pelo excesso de tráfego com cargas elevadas nesse trecho e a falta de manutenção por parte do gestor estadual. No trecho B, devido ser localizado no centro da cidade, a manutenção do pavimento ocorre com mais frequência do que no trecho A. Com relação a isso e outros fatores, esse trecho foi classificado com conceito ruim. O trecho C teve valores de IGG menores do que nos outros trechos, porém só o subtrecho C1 teve um melhor conceito, classificado com conceito regular. Assim, esses valores demonstram o elevado grau de deterioração que as vias estudadas apresentam.

4.2 Defeitos no pavimento

Considerando as premissas da norma DNIT 005:2003_TER foi identificado e classificado os tipos de defeitos em cada trecho estudado.

4.5.1 4.2.1 Fendas

No decorrer dos três trechos foram encontradas, com bastante frequência, fendas com aberturas de pequeno porte, as fissuras, e de grande porte, as trincas. As fissuras não causam problemas funcionais ao revestimento, já as trincas enfraquecem o revestimento permitindo a penetração de água, causando um enfraquecimento adicional da estrutura. A Figura 5 ilustra a presença de trincas interligadas no trecho A, no trecho B e no trecho C.

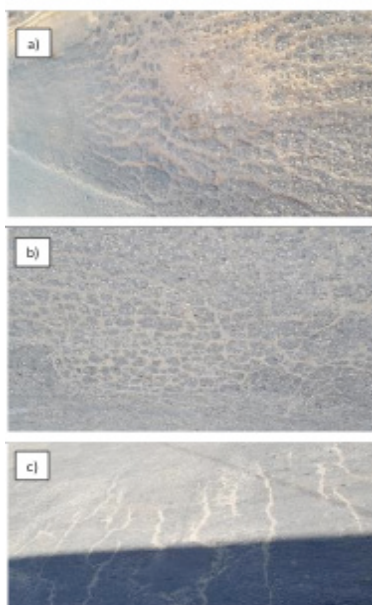


Figura 5. a) trincas presentes na rodovia no trecho A, b) trincas presentes na rodovia no trecho B, c) trincas presentes na rodovia no trecho C.

As fendas são causadas genericamente pelo conjunto de diversos fatores, são eles: o tráfego que promove tensões na fibra interior do revestimento, a mudança diária de temperatura causando contração do revestimento, e reflexão de trincas existentes em bases cimentadas (DNIT, 2006).

Assim, de acordo com a Norma Técnica DNIT ISC 14/04, para minimizar a presença de fendas nos trechos da RN-118, a vedação com material asfáltico deve ser executada para que a água não penetre nas camadas subjacentes. Segundo a norma, a emulsão asfáltica é aplicada, o agregado é espalhado sobre a emulsão e compactados por rolo pneumático ou compactador manual.

4.4.2 Afundamento

O afundamento foi encontrado nos três trechos estudados, mas a frequência apresentada não foi muito significativa. Esse defeito pode causar acréscimo na irregularidade longitudinal afetando a qualidade de rolamento, a dinâmica das cargas e provocando o acúmulo de água, que pode causar risco à segurança dos usuários. A Figura 6 apresenta o afundamento plástico local no trecho B.



Figura 6. Afundamento local no trecho B.

Em todos os trechos estudados o afundamento se desenvolve progressivamente a partir do início da ação do tráfego, e devido à presença significativa de trincas, o pavimento é enfraquecido e a sua progressão pode ser acelerada. Outro fator que acelera o crescimento desse defeito é o elevado volume de tráfego nessa rodovia. Para minimizar a ocorrência a reperfilagem pode ser executada aplicando uma fina camada de mistura e remendos localizados, que não requerem preparo prévio no pavimento.

4.4.3 Desgaste

Nos três trechos foi observado com bastante frequência o aparecimento de desgaste no pavimento da rodovia. Esse defeito ocasiona o desprendimento progressivo do agregado podendo contribuir para o processo de evolução dos defeitos, dando origem a outras patologias. A Figura 7 ilustra o desgaste nos trechos A e B.



Para poder minimizar essa manifestação patológica é recomendada a adoção de métodos corretivos. Através de técnicas superficiais de conservação, com a aplicação de vários tipos de revestimentos combinados e com a incorporação de novos agregados na camada superficial, a superfície desgastada é melhorada.

Por ser um processo economicamente viável e com a finalidade de restaurar o pavimento desgastado,

A capa selante é o tratamento mais adequado devido ser mais economicamente viável. Esse tratamento é capaz de aumentar a vida útil do pavimento e, por ser um método básico de conservação, não acrescenta nenhuma capacidade estrutural ao pavimento, servindo somente para evitar e combater a deterioração superficial.

4.4.4 *Panela*

A panela reduz a impermeabilidade do pavimento, facilitando a penetração de água para as subcamadas e diminuindo a capacidade funcional e estrutural do pavimento. No percorrer dos três trechos diversas panelas foram encontradas, mas, no trecho A a ocorrência desse defeito é mais expressiva e com maiores dimensões, em que aumenta o desgaste dos veículos e a segurança do usuário. A Figura 8 ilustra a presença de panelas no trecho A e no trecho C.

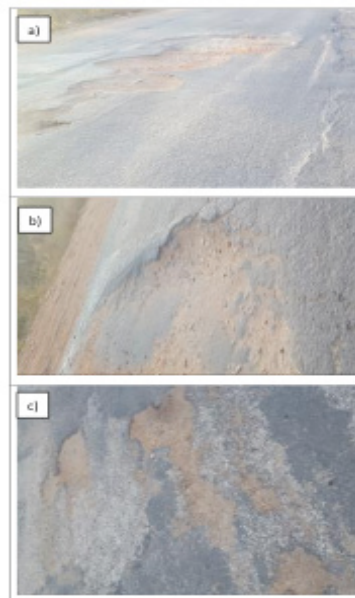


Figura 8. a) e b) panelas presentes no pavimento do trecho A, c) panelas presentes no pavimento do trecho C.

Os remendos devem ser adotados para diminuir a presença de panelas. Nos buracos encontrados nos trechos B e C, com pouca profundidade, é recomendado: sinalização adequada e controle de tráfego; demarcar, com giz e linhas retas, a área a ser reparada; realizar um corte do material comprometido até atingir toda a camada

de revestimento, escavando do centro para os bordos do buraco. O corte deve ser realizado até a profundidade necessária para atingir um material estável; realizar a limpeza removendo o material escavado; realizar a pintura de ligação, nas paredes e no fundo da escavação, aplicando emulsão asfáltica ou asfalto diluído; lançar e espalhar a mistura betuminosa na escavação no sentido dos bordos para o centro; compactar a mistura betuminosa das paredes verticais para o centro do remendo; e realizar a limpeza do local.

No caso das painelas encontradas no trecho A, em que a profundidade é maior, os remendos devem ser realizados tanto no revestimento como também nas camadas subjacentes, obedecendo ao mesmo procedimento de execução.

4.4.5 Remendos

Manifestação patológica que ocorre ao preencher as painelas com emulsão asfáltica gerando irregularidades e imperfeições na superfície do pavimento. O remendo foi encontrado em todos os trechos estudados, com mais frequência no trecho B. A Figura 9 ilustra esse defeito presente nos trechos A e B.

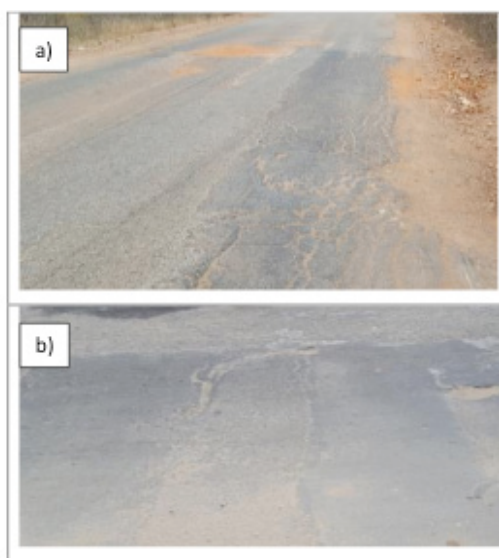


Figura 9. a) remendos presentes no pavimento do trecho A, b) remendos presentes no pavimento do trecho B.

Para diminuir a ocorrência dessa patologia funcional é necessário realizar o seu processo executivo de forma adequada, respeitando a sequência lógica, realizando a compactação de forma apropriada, respeitando as recomendações da norma técnica.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É perceptível que a degradação do pavimento da rodovia gera novas degradações que atuam em conjunto, ocorrendo assim a cadeia de consequências, em que

proporcionará redução funcional e estrutural do pavimento. Entre os sete subtrechos analisados, os valores do IGG demonstram o elevado grau de deterioração e a expressiva presença de defeitos que as vias estudadas apresentam.

Entre as manifestações patológicas avaliadas na superfície do pavimento, as fendas e o desgaste são as mais frequentes em todos os trechos. Porém, a presença de painéis, principalmente no trecho A com grandes raios e profundidades, comprometem diretamente a segurança e trafegabilidade dos usuários.

Comparando as atuais condições da rodovia e o levantamento histórico, é perceptível a falta de manutenções corretivas e preventivas no pavimento. Nota-se que o número de veículos que trafegam atualmente pela rodovia é maior do que no início de sua vida útil. Assim, o conjunto desses fatores pode comprometer cada vez mais a superfície do pavimento.

Com isso, a avaliação funcional objetiva a RN-118 juntamente com a avaliação do inventário de defeitos e das condições da rodovia são importantes para a comunidade e, essenciais para informar e auxiliar em estudos futuros sobre a rodovia. Porém, se faz necessário, para trabalhos futuros que seja realizada uma nova avaliação para que seja executado o comparativo entre os valores do IGG.

REFERÊNCIAS

Associação brasileira de normas técnicas. NBR 7207: **Terminologia e classificação de pavimentos**. Rio de Janeiro, 1982.

Balbo, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

Barreto, Sheila Souza. **Estudo e abordagem da origem e desenvolvimento das patologias em pavimento**. Revista Saber Acadêmico, São Paulo, n. 21, p.1-9, 2016.

Bernucci, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ ABEDA, 2008.

Departamento nacional de infraestrutura de transportes – DNIT. **Manual de Pavimentação**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisa Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisa Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. **Manual de Sinalização**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisa Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2010.

DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes 005/2003 - TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes 006/2003 - PRO: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>

xtras/perfil.php?lang=&codmun=240470&search=rio-grande-do-norte%7cipanguacu > Acesso em: 13 de set. 2017.

Marques, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012. 210 slides, color.

Mattos, João Rodrigo Guerreiro. **Monitoramento e análise do desempenho de pavimentos flexíveis da ampliação da rodovia BR-290/RS - a implantação do projeto rede temática de asfalto no Rio Grande do Sul**. 2014. 250 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

Prestes, Marilez Pôrto. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis – Um estudo comparativo**. Dissertação (Engenharia dos transportes) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2001.

Silva, Marcelo Corrêa da. **Avaliação Funcional e Estrutural das Vias Asfaltadas do Campus da Ufv. 2006**. 101 f. Tese - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO TIPO MASSAPÊ PARA VERIFICAÇÃO DO SEU POTENCIAL EXPANSIVO

Larissa da Silva Oliveira

Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC,
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas,
Colegiado de Engenharia Civil, Ilhéus – Bahia.

**Stephanny Conceição Farias do Egito
Costa**

Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC,
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas,
Colegiado de Engenharia Civil, Ilhéus – Bahia.

RESUMO: O termo “Massapê” consiste em uma nomenclatura regional de um tipo de solo argiloso encontrado principalmente na região do Recôncavo Baiano/BA. Esse configura-se um exemplo clássico de solo expansivo, que sofre grande variação de volume à medida que seu teor de umidade é alterado. O objetivo desse trabalho é caracterizar uma amostra de solo do tipo Massapê, coletada no município de Santo Amaro/BA, verificar o seu grau de expansão para os critérios de classificação disponíveis na literatura, e compará-los quanto a paridade de seus resultados. Foram utilizados para caracterização da amostra, métodos indiretos de identificação do solo expansivo. Como resultados, constatou-se que a amostra estudada consiste de uma argila de alta plasticidade, com grau de expansão muito alto. Os parâmetros atribuídos pelos autores, mostraram conformidade entre os seus

resultados, com exceção ao grau de expansão alto, atribuído pela Kansas Highway Commission.

PALAVRAS-CHAVE: Solos expansivos, Grau de expansão, Limites de Atterberg, CTC.

ABSTRACT: The term “Massapê” consists of a regional nomenclature of a type of clayey soil found mainly in the region of Recôncavo Baiano / BA. This is a classic example of expansive soil, which suffers large volume variation as its moisture content is altered. The objective of this work is to characterize a sample of the Massapê-type soil collected in the municipality of Santo Amaro / BA, to verify its degree of expansion to the classification criteria available in the literature, and to compare them with the parity of its results. Indirect methods of identification of the expansive soil were used for characterization of the sample. As results, it was verified that the studied sample consists of a clay of high plasticity, with very high degree of expansion. The parameters attributed by the authors, showed their conformity among their results, except for the degree of high expansion, attributed by the Kansas Highway Commission.

KEYWORDS: Expansive soil, Degree of expansion, Atterberg Limits, CEC

1 | INTRODUÇÃO

É de longa data o relacionamento do ser humano com o solo. Na engenharia civil, toda e qualquer obra se apoia sobre ele ou o possui como material constituinte. Estudá-lo e prever seu comportamento, seja ele mecânico, hidráulico ou até mesmo químico, faz-se de fundamental importância para elaboração e viabilização de construções.

Em meio à vasta expansão territorial e o crescente avanço da construção civil no mundo, estão sendo cada vez mais identificadas áreas propensas a problemas geotécnicos. Estudar as formas de preveni-los e/ou tratá-los tem sido um desafio constante na Engenharia Geotécnica.

O solo expansivo configura-se um exemplo clássico de solo problemático não saturado. Ele sofre grande dilatação de volume à medida que o teor de umidade aumenta ou se contrai em igual proporção ao ressecar-se. Sua principal característica é a presença de argilominerais expansivos, de estrutura 2:1, que junto com os fatores condicionantes naturais, antrópicos e ambientais conferem ao solo a característica de expansão.

No Brasil, um dos primeiros estudos sobre o solo expansivo originou-se em função das dificuldades encontradas na implantação da rodovia federal BR-324/BA, nos quilômetros que tangenciam as cidades de Feira de Santana e Salvador, nos primeiros anos da década de 50. Desde lá, foi evidenciado a presença desse solo em diversas localidades da Bahia, onde recebeu a classificação regional de Massapê.

De acordo com Vargas et al. (1989 apud MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2015), a maioria das bibliografias que tratam de solos expansivos referem-se a solos residuais ou coluviais formados por intemperismos de rochas sedimentares. Os autores apresentam o litoral do Nordeste como uma das principais áreas de solos expansivos no Brasil. Segundo eles, “nesta área, os solos expansivos são solos residuais de argilitos, siltitos e arenitos, incluindo os de Massapê do Recôncavo Baiano, nos arredores de Salvador (BA) e a Formação Maria Farinha, nos arredores da cidade de Recife (PE)”.

O fenômeno de contração e expansão desse solo origina diversas patologias nas estruturas construídas sobre ele, tais como fissuras e trincas em paredes de edificações, levantamento e deslocamento de estruturas, rupturas de aterros e pavimentos, escorregamento de taludes, distorções de linhas de transmissão de adutoras, entre outros. Apesar desses danos em sua maioria não acarretarem em perdas de vidas, seu prejuízo financeiro é bastante significativo.

Mijangos (2006, tradução nossa), salienta que: “Os efeitos dos solos expansivos não são tão dramáticos quanto os dos furacões e terremotos, porque eles só causam danos às propriedades, sem perda de vidas humanas. (...) no entanto, as perdas são muito grandes, e muitas delas poderiam ser evitadas reconhecendo o problema a tempo e incorporando medidas preventivas adequadas no projeto, construção e manutenção de estruturas”.

No âmbito da engenharia, a identificação dos solos com potenciais expansivos

dá-se por meio de diversos ensaios de laboratório, que são divididos em diretos e indiretos. Os primeiros baseiam-se na medida da expansão induzida do solo e o segundo na classificação mineralógica, índices físicos, limite de consistência e parâmetros associados à textura e composição de argilas (SILVA, 2005 apud CHAGAS; MOURA; CARNEIRO, 2017).

Vários métodos, foram desenvolvidos para identificar e classificar um solo quanto ao seu potencial de expansão. Todavia, nenhum foi adotado como padrão para universalizar tal atividade, e quase nenhum é utilizado nas investigações de subsolo para estudos de viabilização de projetos, em especial os de pequeno porte.

Esse trabalho pretende, apresentar algumas das metodologias disponíveis na literatura para identificação e classificação do solo expansivo e compará-los quanto a paridade de seus resultados. Ele consistirá na aplicação de métodos indiretos para caracterizar e classificar quanto ao grau de expansão, uma amostra de solo coletada em uma localidade conhecida por apresentar essa tipologia.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra de solo objeto deste estudo é originária do município de Santo Amaro (BA) (Figura 1), cidade histórica do Recôncavo Baiano, situada a 78,6 km da capital Salvador. O referido material foi coletado por técnicos laboratoristas da Universidade Federal da Bahia – UFBA para fins de pesquisa nessa e em outras instituições, incluindo a Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC.



Figura 1 - Mapa do Recôncavo Baiano, adaptado de Silva et al. (2006).

A metodologia adotada para análise, caracterização e classificação desse tipo de solo foi desenvolvida de acordo com as atividades apresentadas no diagrama da Figura 2.

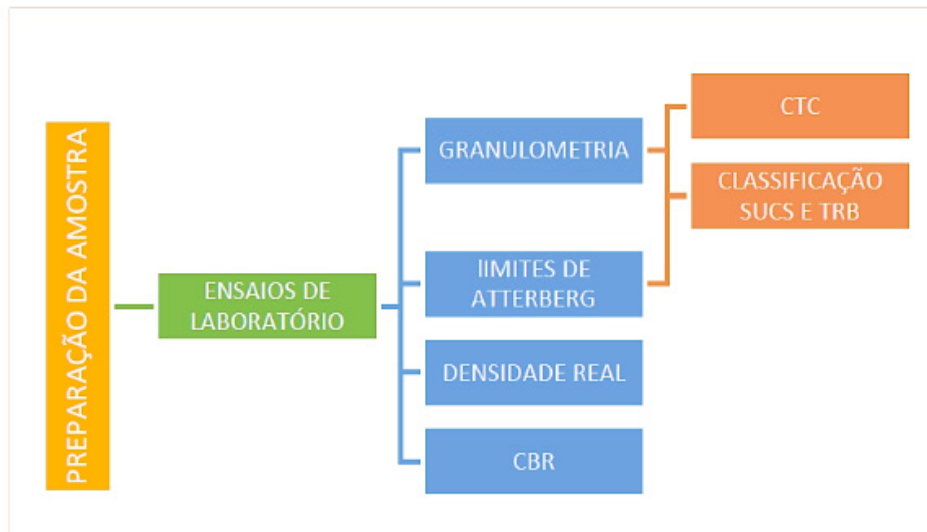


Figura 2 - Diagrama de atividades.

Os ensaios de caracterização e CBR foram realizados nos laboratórios de Mecânica dos Solos e Pavimentação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, campus Cruz das Almas, sob a orientação e supervisão dos professores Dr. Mário Sérgio de S. Almeida e Ms. Weiner Gustavo S. Costa. A análise de CTC foi desenvolvida pela equipe técnica do laboratório de solos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC de Ilhéus – BA.

2.1 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Para realização dos ensaios de caracterização o solo foi previamente preparado conforme os procedimentos descritos na norma DNER - ME 041/1994 – Solos – preparação de amostras para ensaios de caracterização, sendo que os ensaios realizados foram:

- Granulometria com sedimentação, de acordo com a NBR 7181/2016 – Solo – Análise granulométrica;
- Densidade real, de acordo com o DNER – ME 093/1994 – Solos – Determinação da densidade real;
- Limite de Liquidez, de acordo com o DNER – ME 112/1994 – Solos – Determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito;
- Limite de Plasticidade, de acordo com o DNER – ME 082/1994 – Solos – Determinação do limite de plasticidade.

O ensaio de Capacidade de Troca de Cátions total, foi desenvolvido mediante o método do KCl 1 mol L⁻¹, que segue os procedimentos definidos pelo Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA (2011).

O ensaio de CBR, foi realizado para avaliação do comportamento de expansão

do solo sobre diferentes teores de umidades. Esse seguiu as orientações da norma DNIT 172/2016 – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio.

2.2 GRAU DE EXPANSÃO

A classificação quanto o grau de expansão deu-se pela avaliação dos Limites de Atterberg, observando os critérios estabelecidos pelos autores Chen (1965), Seed et al. (1962), Daksanamurthy e Raman (1973), Kansas Highway Commission e Louisiana Department of Transportation e pela Carta de Van der Merwe adaptada por Willians e Donaldson (1980), apresentados respectivamente nas Tabelas 1 e 2 e Figura 3.

Grau de Expansão	Chen (1965)	Seed et al. (1962)	Daksanamurthy e Raman (1973)
Muito Alto	$LL > 60$	$IP > 35$	$LL > 70$
Alto	$40 < LL \leq 60$	$20 < IP \leq 35$	$50 < LL \leq 70$
Médio	$30 \leq LL \leq 40$	$10 \leq IP \leq 20$	$35 < LL \leq 50$
Baixo	$LL < 30$	< 10	$20 \leq LL \leq 35$

Tabela 1 - Classificação do grau de expansão relacionada ao Limite de Liquidez e ao Índice de Plasticidade, Carvalho et al. (2015, p. 430).

Grau de Expansão	Kansas Highway Commission	Louisiana Department of Transportation	
Muito Alto	*	$LL > 70$	$IP > 46$
Alto	$IP > 35$	$50 \leq LL \leq 70$	$25 \leq IP \leq 46$
Médio	$15 < IP < 35$	$20 \leq LL \leq 49$	$15 \leq IP \leq 24$
Baixo	$IP < 15^{**}$		

* Não apresenta essa classificação.

** Onde se classifica como baixo, classifica-se como baixo a inexistente.

Tabela 2 - Classificação do grau de expansão relacionada ao Limite de Liquidez e ao Índice de Plasticidade, Donald, Lawrence David (1977, p. 8-9).

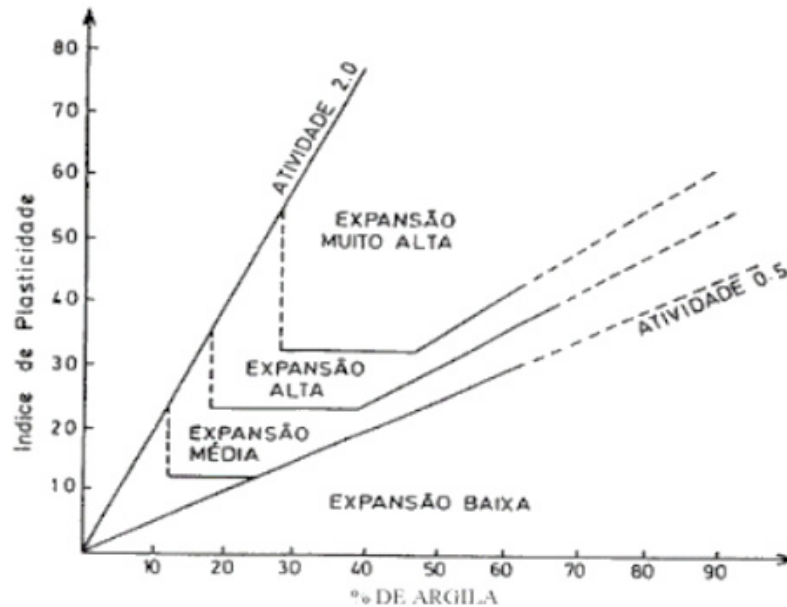


Figura 3 - Carta de Van der Merwe modificada por Williams e Donaldson, Pereira (2004).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4, encontra-se a curva granulométrica obtida como resultado do ensaio de granulometria. Nela é possível notar que a amostra em questão trata de um solo fino uma vez que mais de 80% do material possui diâmetro menor que 0,05 mm (critério ABNT), ou ainda, mais de 50% da amostra passou na peneira de abertura 0,075 mm (critério TRB).

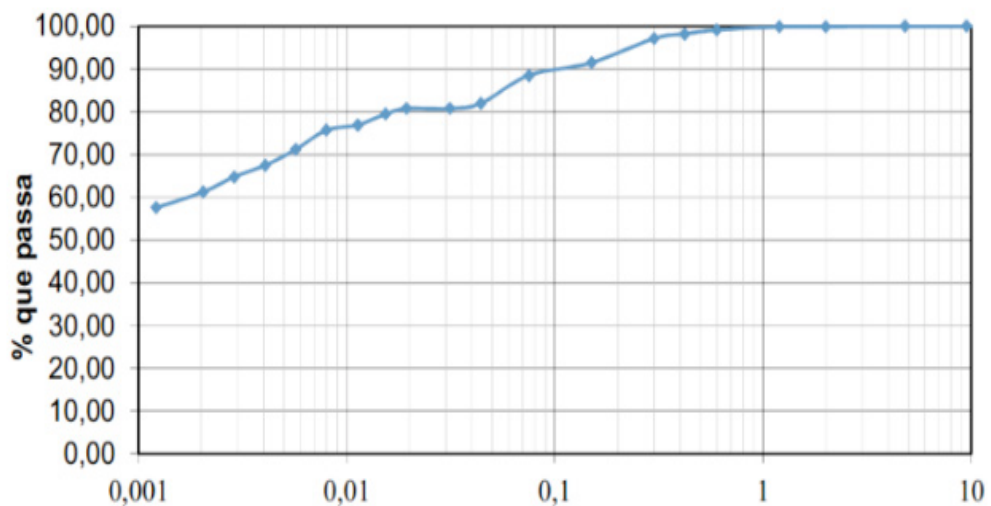


Figura 4 - Curva granulométrica.

A Tabela 3 exibe os resultados de caracterização da amostra. O solo apresentou-se com alto teor de umidade higroscópica, justificado pelo grande percentual de partículas finas presentes. Os Limites de Atterberg mostraram-se elevados, o que caracterizou o solo como um material altamente plástico.

Parâmetro	Resultado
W (%)	10,66
D ₂₀	2,589
# 200 (%)	88,51
LL (%)	81
LP (%)	31
IP (%)	50
SUCS	CH
TRB	A-7-6
Atividade de argila	0,81
CTC _T (cmol _c /dm ³)	43,99
W _{ot} (%)	29,16
γ _d (g/cm ³)	1,335
CBR (%)	3
Expansão (%)	6,31

Tabela 3 - Resumo dos resultados de caracterização.

O solo foi classificado pelo Sistema Unificado como argila de alta compressibilidade, CH, evidenciando com isso, o que é declarado pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) para o Massapê.

O ensaio de Proctor Normal revelou uma umidade ótima elevada, contudo uma densidade aparente seca relativamente baixa, como já esperado visto que, solos finos possuem grandes superfícies específicas e estruturas lamelares.

O Índice de Atividade de Argila, atribuído por Skempton (Figura 5), foi classificado como normal, possuindo um valor, de acordo com o mesmo autor, comum aos argilominerais do grupo da illita, argilomineral do tipo 2:1 que apresenta pequenas expansões se comparado com as esmectitas.

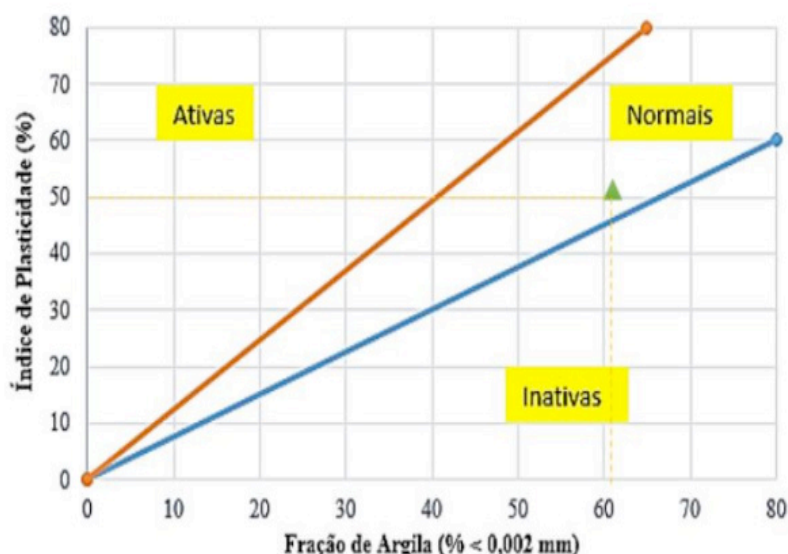


Figura 5 - Carta de Skempton.

A análise química de Capacidade de Troca de Cátions total exibiu um valor característico pertencente ao intervalo atribuído por Ronquim (2010) ao grupo da ilita.

O percentual de CBR exibido para a amostra foi considerado irrisório, comparado com os valores exigidos pelo DNIT, sendo o CBR desse solo insuficiente para qualificá-lo como componente de qualquer tipo de camada de pavimento. Todavia, a porcentagem de expansão, item de maior importância para o estudo em questão, mostrou-se significativamente elevada, apresentando uma curva decrescente de expansão com a aumento do teor de umidade, voltando a ter um ramo crescente após atingir a umidade ótima, como observado no gráfico da Figura 6.

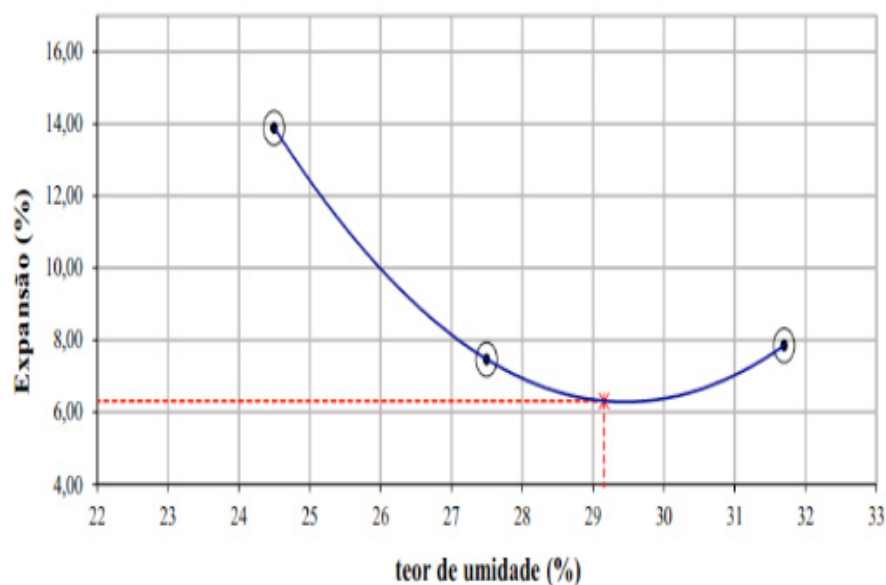


Figure 6 - Percentual de expansão – CBR.

A Tabela 4 apresenta o grau de expansão atribuído à amostra por diferentes autores, encontrados na literatura. Na Figura 7, é exposto a classificação segundo a Carta de Van der Merwe adaptada por Willians e Donaldson (1980).

Autores	Parâmetros de classificação	Grau de expansão
'Chen (1965)	LL > 60	Muito alto
Sedd et al. (1962)	IP > 35	Muito alto
Daksanamurthy e Raman (1973)	LL > 70	Muito alto
Louisiana Department of Transportation	LL > 70 e IP > 46	Muito alto
Kansas Highway Comission	IP > 35	Alto

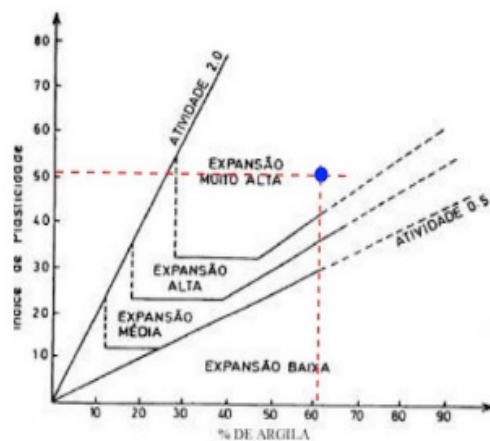


Tabela 4 - Grau de expansão atribuído à amostra. Figure 7 - Carta de Van der Merwe

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa pesquisa, a caracterização de uma amostra de solo não saturado, tipo Massapê, por análises físicas e químicas, permitiu concluir que os parâmetros encontrados na literatura para classificação do grau de expansão do solo, pelo emprego dos Limites de Atterberg possuem paridades em seus resultados, todavia com a exceção da classificação “muito alto” inexistente na relação de referências apresentada pela Kansas Highway Commission.

A Carta de Van der Merwe adaptada por Willians e Donaldson mostrou-se eficaz em classificar o grau de expansão da amostra, atribuindo a expansividade muito alta ao solo, classificação coincidentes com as dos demais autores.

A Carta de Skempton, atribuiu à atividade de argila a classificação normal, o que mostrou uma discrepância com o grau de expansão apresentado pelo solo.

A análise química de CTC_{τ} possibilitou a afirmação da presença de argilominerais de estruturas lamelares do tipo 2:1, comum para minerais de argila expansivos. Contudo o valor encontrado é, de acordo com Ronquim (2010), pertencente ao intervalo atribuído ao grupo das ilitas, dado também referenciado por Skempton através da análise da atividade de argila. Algo que levanta uma dúvida a respeito da veracidade dessa informação visto que, a ilita possui uma plasticidade dita intermediária e sua expansão é considerada pequena se comparada a outros grupos de argilominerais, a exemplo das esmectitas e vermiculitas. Todavia, trata-se de um questionamento que só pode ser elucidado mediante a realização de métodos de identificação mais precisos, como o ensaio de difratometria de raios – X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), que seguem como sugestões para pesquisas futuras.

5 | AGRADECIMENTOS

As autoras expressam seus agradecimentos aos professores Mário Sérgio, Weiner Gustavo e Quintino Reis por viabilizar os ensaios necessários para essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7181: Solo: Análise Granulométrica – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

CARVALHO, J. C. et al. **Solos não saturados no contexto geotécnico**. São Paulo/SP: ABMS, 2015.

CHAGAS, G. S; MOURA, A. S; CARNEIRO, A. A. **Utilização da compactação para redução do potencial de colapso/expansão de um solo silto argiloso de massapê da cidade de Icó-CE**.

REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, vol. 13, nº 1, p. 64-75. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/reec> >. Acesso em: 24 ago. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 172: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio**. Brasília, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGENS (DNER). **DNER-ME 041: Solos – preparação de amostras para ensaios de caracterização**. 1994.

____. **DNER – ME 082: Solos – determinação do limite de plasticidade**. 1994.

____. **DNER – ME 093: Solos – determinação da densidade real**. 1994.

____. **DNER – ME 112: Solos – determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito**. 1994.

DONALD, S. R; LAWRENCE, J. D; DAVID, P. M. **Na evaluation of expedient methodology for identification of potentially expansive soils**. United States. Federal Highway Administration. Springfield, VA.: N.T.I.S., 1977.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro/RJ: Embrapa Solos, 2011.

MIJANGOS, R. J. B. **Suelos Expansivos**. Tese de Mestrado em Engenharia, Universidad Nacional Autonoma do Mexico, Cidade Universitária – DF, 2006.

MILITITSKY, J; CONSOLI, N. C; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PEREIRA, E. M. **Estudo do comportamento à expansão de materiais sedimentares da Formação Guabirotuba em ensaios com sucção controlada**. 2004. Tese de Doutorado em Engenharia Geotécnica – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2004.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SILVA, W. S. et al. **Avaliação da cobertura do programa de triagem neonatal de hemoglobinopatias em populações do Recôncavo Baiano, Brasil**. Cad. Saúde Pública vol. 22 no. 12 Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006001200006>> Acesso em: 20 ago. 2017.

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA ARGILA VERMELHA USADA EM TRATAMENTOS FACIAIS

Ana Paula Zenóbia Balduino

Universidade Federal de Jataí, Programa de pós-graduação de Ciências Aplicadas a Saúde, Jataí, Goiás.

Michele Resende Machado

Universidade Federal de Jataí, Programa de pós-graduação de Ciências Aplicadas a Saúde, Jataí, Goiás.

Mônica Rodrigues Ferreira Machado

Universidade Federal de Jataí, Instituto de Biociências - Curso de Biologia e Programa de Pós-graduação em Biociências Animal, Jataí, Goiás.

Giovanni Cavichioli Petrucelli

Universidade Federal de Jataí, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas – Curso de Química, Programa de Pós-graduação em Química e Programa de Pós-graduação em Ciências Aplicadas a Saúde, Jataí, Goiás.

RESUMO: As argilas coloridas estão sendo bastante empregadas na área cosmética, devido as suas propriedades, atuando como calmante, cicatrizante, absorvente, esfoliante suave e adstringente, características que são fornecidas por causa da sua composição. Estas argilas são utilizadas, principalmente em máscaras faciais e corporais, na qual possuem a capacidade de absorverem lipídios e toxinas presentes na pele. Entretanto, antes de serem incorporadas em formulações cosméticas, estas devem estar dentro dos padrões aceitáveis

especificados pela legislação brasileira (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA), preservando a segurança e eficácia do produto ao consumidor. Desta forma o estudo visa analisar a composição química e estrutural da argila vermelha através de técnicas de caracterização como a fluorescência de raios-X com energia dispersiva (EDXRF) pelo método dos parâmetros fundamentais, espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e difração de raios-X (DRX) de alta resolução, quais elementos estão presentes e avaliar se este produto está em conformidade com o órgão que a regulamenta acerca de possíveis riscos à saúde. Os resultados mostram que a análise de EDXRF, utilizando o método dos parâmetros fundamentais apontou a presença de bário, cromo e zircônio, metais listados pelo órgão regulador como substâncias proibidas. E através da técnica de FTIR apontou banda característica de impureza de sulfato ou carbonato e pela técnica DRX foi possível apontar a presença dos argilominerais caulinita e haloisita e impurezas na forma de barita e quartzo.

PALAVRAS-CHAVE: argilas cosméticas, máscaras faciais, metais pesados e saúde preventiva.

ABSTRACT: The colored clays are being widely used in the cosmetic area due to their properties,

acting as a soothing, healing, absorbing, gentle and astringent exfoliant, characteristics that are provided because of their composition. These clays are used, mainly in facial and body masks, in which they have the ability to absorb lipids and toxins present in the skin. However, before being incorporated into cosmetic formulations, these should be within the acceptable standards specified by Brazilian legislation (National Health Surveillance Agency - ANVISA), preserving the safety and efficacy of the product to the consumer. In this way the study aims to analyze the chemical and structural composition of red clay using characterization techniques such as X-ray fluorescence with dispersive energy (EDXRF) by the fundamental parameters method, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and diffraction high-resolution X-ray (XRD), which elements are present and assess whether this product complies with the body that regulates it regarding possible health risks. The results show that the EDXRF analysis using the fundamental parameters method showed the presence of barium, chromium and zirconium, metals listed by the regulator as banned substances. In the FTIR technique, it was possible to identify the presence of the clay minerals, kaolinite and halosite, and impurities in the form of barite and quartz.

KEYWORDS: cosmetic clays, facial masks, heavy metals and preventive health.

1 | INTRODUÇÃO

As argilas fazem parte dos vários tipos de solos, são constituídas por partículas cristalinas finamente divididas formadas essencialmente por argilominerais, matéria orgânica, impurezas na forma de sais (carbonatos e sulfatos) e minerais residuais (calcita, quartzo e dolomita) (ABREU, 1973; SANTOS, 1989; MELLO, 2011). Por ser um material rico em alguns metais proporcionam benefícios buscados no meio estético como ação adstringente, bactericida, absorção de impurezas e por isso seu uso tem se destacado na indústria cosmética tanto para uso *in natura*, como em formulações farmacêuticas e em cosméticos (SILVA, 2011).

As argilas cosméticas usadas em tratamentos faciais devem seguir uma série de requisitos de segurança, química (pureza, estabilidade e inércia química), física (tamanho da partícula e textura) e toxicológica (controlado teor de metais pesados) (OLIVEIRA, 2010, TEIXEIRA-NETO, TEIXEIRA-NETO, 2009, BERGAYA, THENG, LAGALY, 2006). Oferecendo produtos com alto grau de qualidade. Seguem a legislação geral para cosméticos designada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº48 que a classifica como um material com o grau de risco 1 (produtos com risco mínimo) estabelecendo uma lista com 423 substâncias proibidas, destacando a presença dos metais pesados, arsênio, bário, berílio, cádmio, cromo, mercúrio, chumbo, neodímio, tálio e zircônio prejudiciais à saúde humana (BRASIL, 2006).

2 | OBJETIVOS

Desta forma o estudo visa analisar a composição química e estrutural da argila vermelha através de técnicas de caracterização como a fluorescência de raios-X com energia dispersiva (EDXRF) pelo método dos parâmetros fundamentais, espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e difração de raios-X (DRX) de alta resolução, quais elementos estão presentes e avaliar se este produto está em conformidade com o órgão que a regulamenta acerca de possíveis riscos à saúde.

3 | METODOLOGIA

Para a determinação dos cátions metálicos presentes na argila, utilizou-se aparelho XRD modelo Ray Ny EDX-720 da Shimadzo. O método utilizado foi a análise quali-quantitativa, usando o método dos parâmetros fundamentais, em que 1,000 g da amostra foi acondicionado sob um filme mylar® de 6 µm de espessura, esticado no fundo de um porta amostra de polietileno. Para a caracterização dos grupos funcionais da argila foi utilizado um equipamento de infravermelho FTIR modelo 4100 da Jasco, pelo método de pastilhas de KBr na proporção de 1mg de amostra em pó por 100 mg de KBr previamente seco. Para a análise de difração de raios X de alta resolução, utilizou-se a linha de luz D12A – XRD1 no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) localizado em Campinas – SP, operando em uma faixa espectral de 5 keV e 15 keV. A amostra foi acondicionada em um capilar de borossilicato de 0,7 mm. A radiação utilizada foi gerada por um monocromador de duplo cristal de silício monocristalino gerando um comprimento de onda de λ de 1,033 Å. A região angular varrida foi de 2θ de 2° até 120° com passo de varredura de 0,004°. As medidas foram realizadas utilizando o método do pó.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar do conhecimento acerca dos potenciais riscos dos metais pesados para à saúde humana, existem poucos estudos relacionados aos parâmetros de qualidade físico-químicos e microbiológicos das máscaras argilosas (OLIVEIRA, 2010). A análise por DRX Figura 1, apontou a presença de caulinita e haloisita ambas pertencentes à mesma família de argilominerais (serpentina-caulin) e impurezas na forma dos minerais barita e quartzo, espécies estas indesejadas. A técnica de FTIR na Figura 2 destacou bandas características do argilomineral caulinita, bem como uma banda na região de 1382 cm⁻¹ referente à impureza na forma de carbonato ou sulfato. A análise de EDXRF na Figura 3 apontou a presença de metais proibidos pela ANVISA como: bário, cromo e zircônio ambos confirmados através dos resultados anteriormente descritos estarem presentes na forma de impurezas minerais como sais de sulfato (barita) e carbonato.

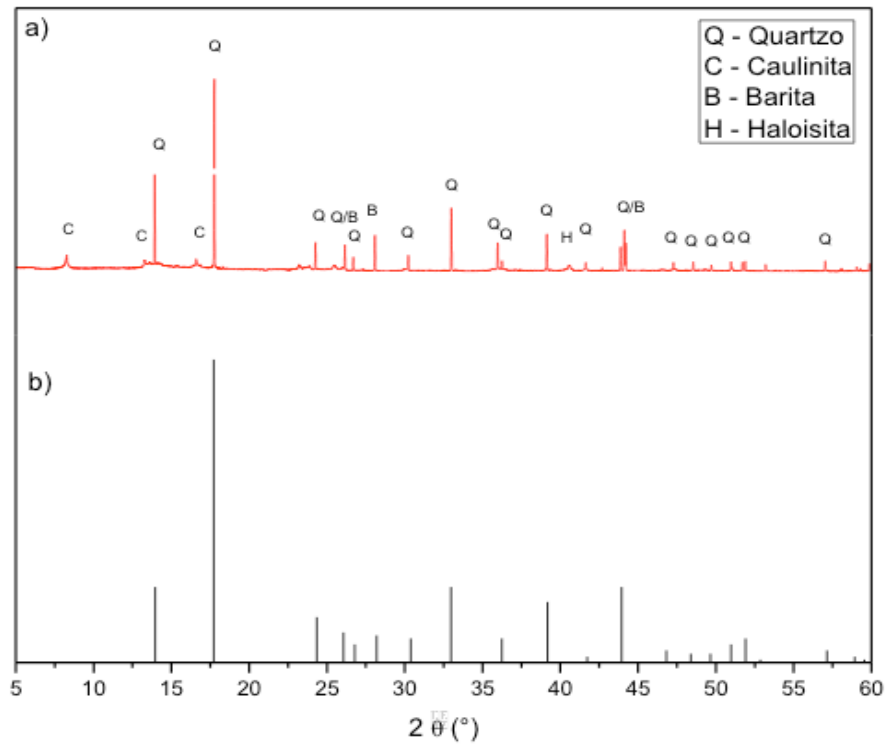


Figura 1: a) Dados de difratometria de raios X da argila vermelha LMLS. b) Carta de cristalográfica quartzo PDF-2-471

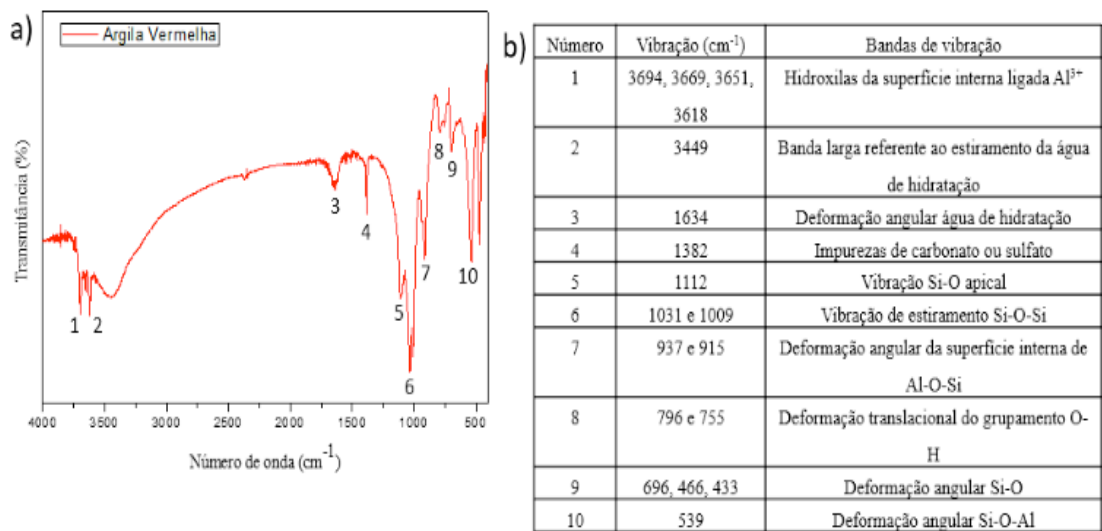


Figura 2: a) Espectro de absorção na região do infravermelho b) Tabela com as principais bandas de absorção

ARGILA VERMELHA

Elementos	ppm* mg Kg ⁻¹	Elementos	ppm* mg Kg ⁻¹	Elementos	ppm* mg Kg ⁻¹
Si	482190 ± 854	Ti	18048 ± 100	Cr	543 ± 24
Al	301466 ± 1205	Ba	6843 ± 313	Sr	211 ± 5,4
Fe	139941 ± 149	P	3774 ± 179	Rb	202 ± 6,0
K	22708 ± 123	Zr	850 ± 6,8	Zn	198 ± 9,8
S	22201 ± 122	Mn	729 ± 24	Y	94 ± 4,9

Figura 3: Taxa de elementos encontrados por EDXRF

Conclusão: A análise de EDXRF, utilizando o método dos parâmetros fundamentais apontou a presença de bário, cromo e zircônio, metais listados pelo órgão regulador como substâncias proibidas. E através da técnica de FTIR apontou banda característica de impureza de sulfato ou carbonato e pela técnica DRX foi possível apontar a presença dos argilominerais caulinita e haloisita e impurezas na forma de barita e quartzo.

REFERÊNCIAS

ABREU, S.F. **Recursos Minerais do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

BERGAYA, F.; THENG, B.C.G.; LAGALY, G. Handbook of clay science. In: CARRETERO, M. I.; GOMES, C.S.; TATEO, F. **Clays and human health**. Amsterdam: Elsevier, 2006. Cap. 11. p. 717-742.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, RDC n° 48. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 13 mar. 2006.

MELLO, I. S. **Argilas de ocorrência de Alto Diamantino – MT utilizada para adsorção de cádmio: Estudos cinéticos e termodinâmicos**. 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

OLIVEIRA, R.N. **Tratamento e caracterização de atapulgita visando seu uso em máscaras faciais e para reforço em compósitos com PVA**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2010.

SANTOS, P. DE S. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2ª ed. São Paulo: Ed Edgard Blücher, 1989.

SILVA, M. L. G. **Obtenção e caracterização de argila piauiense paligorsquita (atapulgita) organofilizada para uso em formulações cosméticas**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

TEIXEIRA-NETO, E.; TEIXEIRA-NETO, A. A. **Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado**. *Química Nova*. V.32. n.3, p. 809-817, 2009

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Isabela Marcondelli Iani

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Rafael Aparecido Ciola Amoresi

Faculdade de Engenharia de Guaratingueta-UNESP

Guaratingueta – SP

Ubirajara Coletto Junior

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Chrystopher Allan Miranda Pereira

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Alexandre Zirpoli Simões

Faculdade de Engenharia de Guaratingueta-UNESP

Guaratingueta – SP

Leinig Perazolli

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

Maria Aparecida Zaghete

LIEC-Instituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo-UNESP

Araraquara – SP

RESUMO: A formação e caracterização fotocatalítica da heteroestrutura $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ associada as aplicações mais gerais e comparadas a fase pura é apresentado e discutido neste texto. Os resultados experimentais da estrutura, morfologia e atividade fotocatalítica corroboram a formação e aplicação da heteroestrutura. Análises de espectroscopia vibracional na região do infravermelho e análise térmica demonstraram a formação da heteroestrutura nos estágios de pre-tratamento térmico. Resultados de difratometria de raios X, microscopia eletrônica de transmissão, e espectroscopia de refletância difusa corroboram a formação estrutural e óptica do material. Resultados fotocatalíticos para descoloração da Rodamina-B indicaram melhor fotoatividade da heteroestrutura comparada a fotoatividade do TiO_2 puro. Nos 60 minutos iniciais de reação a heteroestrutura tem fotoatividade 25% maior que o TiO_2 .

PALAVRAS-CHAVE: TiO_2 , SrTiO_3 , Fotocatálise, Heterojunção.

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE HETEROJUNCTION $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTAINED BY CHEMICAL METHOD

ABSTRACT: The formation and photocatalytic characterization of the $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ heterostructure associated with more general applications and compared to the pure phase is presented and discussed in this paper. The experimental results from the structure, morphology and photocatalytic activity corroborate the formation and application of the heterostructure. Analyzes of vibrational spectroscopy in the infrared region and thermal analysis indicated the formation of the heterostructure in the stages of pre-heat treatment. Results of X - ray diffractometry, transmission electron microscopy, and diffuse reflectance spectroscopy corroborate the structural and optical formation of the material. Photocatalytic results for discoloration of rhodamine-B indicated better photoactivity of the heterostructure compared to photoactivity of pure TiO_2 . In the initial 60 minutes of reaction the heterostructure has 25% higher photoactivity than TiO_2 .

KEYWORDS: TiO_2 , SrTiO_3 , Photocatalysis, Heterojunction.

1 | HETEROESTRUTURAS – APLICAÇÃO

Heteroestrutura, também chamada de heterojunção, é um cluster formado pela junção de duas fases cristalinas podendo ser ambas de mesma composição química ou composições distintas. Na interface das fases pode ocorrer estresse, distorção da rede, devido à diferença entre os parâmetros de rede da estrutura cristalina obtida. Também pode ocorrer vacâncias de cátion, e/ou de ânions, no caso de óxidos podem ser vacâncias de oxigênio do tipo neutra (V_{O}^x), mono (V_{O}^{\cdot}) e/ou duplamente ionizadas ($V_{\text{O}}^{2\cdot}$) (AMORESI *et al.*, 2018; COLETO *et al.*, 2018). Os materiais heteroestruturados diferem dos materiais dopados nos quais os defeitos estão diretamente relacionados à fenômenos de superfície.

A interface entre os materiais que formam a heterojunção atua como região de transportadores de carga gerando uma sinergia que resulta na alteração das propriedades elétricas, ópticas e magnéticas do material conforme a estrutura de bandas das fases presentes. Heterojunções de óxidos semicondutores indicam propriedades inovadoras, tais como sensoras, ferroelétricas, revestimentos contra corrosão, conversores de luz (células solares) e fotocatalíticas (HAN *et al.*, 2017).

Destacam-se os materiais de $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ como heterojunção aplicada à fotocatalise na degradação de poluentes. Esta heteroestrutura apresentou maior eficiência fotocatalítica na descoloração de corante sob luz UV, comparada aos seus componentes individuais, TiO_2 e SrTiO_3 . Nesta heteroestrutura dois parâmetros importantes para a eficiência fotocatalítica foram observados: i) a transferência de carga efetiva na interface sólido-sólido é mais importante que as espécies químicas adsorvidas na superfície das partículas, ii) as vacâncias de oxigênio monoionizadas favoreceram a atividade fotocatalítica (COLETO *et al.*, 2018). Outras heteroestruturas

como $\text{LaFeO}_3/\text{TiO}_2$ apresentam atividade fotocatalítica, sob luz visível, superior aos seus precursores por inibir a recombinação entre o par de elétron fotoinduzido e buraco eletrônico (KUMAR *et al.*, 2017). $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ com morfologia do tipo de nanofolha, na qual planos cristalinos (001) do TiO_2 são expostos para o crescimento do SrTiO_3 indicou aumento na atividade fotocatalítica comparado as nanoestruturas de TiO_2 (YUE *et al.*, 2014).

Na produção de hidrogênio a multi-heterojunção $\text{ZnO}/\text{CdS}/\text{PbS}$ mostra-se como um promissor fotoânodo, no qual o eletrodo produziu uma taxa de hidrogênio aceitável devido a elevada área de superfície - necessária para absorção de luz e transporte de massa para a reação fotoeletroquímica. Neste caso a heterojunção facilitou a rápida transferência e separação dos portadores de cargas fotogeradas (WANG *et al.*, 2019). Para revestimentos contra corrosão metálica um material promissor foi produzido a partir da heterojunção p-n de NiO/TiO_2 . A heterojunção promoveu a separação dos elétrons fotogerados e buracos eletrônicos criando um efeito de proteção fotocatódica no aço inoxidável estudado (HAN *et al.*, 2017).

Materiais heteroestruturados como NiO/WO_3 (BAO *et al.*, 2014), CuO/SnO_2 (BAI *et al.*, 2016), NiO/ZnO (KAUR *et al.*, 2016) também vem sendo aplicados à sensores de gases. Estes materiais foram avaliados como sensores para os gases NO_2 , CO e acetona, respectivamente. As heteroestruturas indicaram resposta mais rápida, maior sensibilidade e melhor seletividade comparadas aos seus precursores. Tais características deve-se à junção dos semicondutores dos tipo p e n formado na interface. Outros exemplos, como nanotubos de $\text{NiO}/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ aplicados em sensor de gás tolueno indicaram um desempenho superior aos nanotubos de NiO puro. As características morfológicas tubulares das heterojunções p-n e as ações sinérgicas de $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ e NiO são os responsáveis pela melhoria das propriedades sensoras (WANG *et al.*, 2016). Heterojunções de ZnO decorados com Ag metálica, ZnO/Ag , indicaram eficiência como sensor de gás formaldeído apresentando melhor desempenho que o sensor de ZnO puro (XING *et al.*, 2017).

Aplicações ligadas a captação de luz solar e conversão em energia usando dispositivos de células solares também tem indicado que a presença de heterojunção promove melhores resultados. Nesses dispositivos as camadas das estruturas atuarão em diferentes papéis desde a absorção de luz (ROSÁRIO *et al.*, 2019) a transferência de carga (YU *et al.*, 2019). Propriedades magnéticas também podem ser aprimoradas com heterojunções, como nos filmes finos heteroestruturados de $\text{LaFeO}_3/\text{BiFeO}_3$, nos quais as heteroestruturas obtiveram melhor polarização remanescente, menor densidade de corrente e alta permissividade dielétrica em consequência do crescimento do LaFeO_3 sobre BiFeO_3 ($\text{LaFeO}_3/\text{BiFeO}_3$). Tais características estão correlacionadas à menor desordem estrutural e menor estresse bidimensional no plano do filme (RANIERI *et al.*, 2016). Portanto, dentre as diversas aplicações podemos observar que diferentes propriedades podem ser melhoradas pelo acoplamento entre duas fases com a formação de heteroestruturas.

2 | CONDIÇÕES QUÍMICAS DE OBTENÇÃO DA HETEROESTRUTURA

Há diversos métodos químicos para síntese de heteroestruturas, no entanto, alguns parâmetros devem ser avaliados para que o sinergismo estrutural entre as duas fases aconteça, e conseqüentemente a interface ocorra de modo eficaz. A formação de uma heteroestrutura, a qual é um único cluster, no entanto heterogêneo, depende dos parâmetros de rede das fases constituintes, estes devem ser semelhantes. Zou et al. (ZOU *et al.*, 2015) que avaliaram a formação da heteroestrutura de NiO crescendo sobre o CeO₂, obtiveram a mais efetiva heteroestrutura para o crescimento do NiO (200) com distância interplanar de 0,20 nm sobre o CeO₂ (220) de distância interplanar de 0,19 nm. Para outras direções do CeO₂ como (111) com distância de 0,31 nm ou (200) de 0,26 nm a formação da heteroestrutura não se mostrou efetiva. Isto porque a menor energia de ativação de cristalização favorece que o crescimento ocorra entre as fases cristalinas de orientação do plano que possui maior semelhança entre as distâncias interplanares. Isto relacionado a um método de síntese via úmida. Ao avaliar um método de síntese físico, no qual é utilizado uma alta energia térmica e de variação na pressão de síntese o crescimento pode ocorrer entre fases distintas ou com grandes diferenças nos parâmetros de rede [CICHETTO *et al.*, 2017].

Nesse sentido observa-se a facilitada formação da heteroestrutura SrTiO₃/TiO₂. No qual o titanato de estrôncio, SrTiO₃, é um óxido com estrutura cristalina do tipo perovskita, cúbico com parâmetros de rede iguais a 0,39 nm, número de coordenação 12 para o Sr e 6 para o Ti. Forma clusters do tipo de [SrO₁₂] e [TiO₆], respectivamente, Figura 1a. O dióxido de titânio, TiO₂, possui fase anatase (tetragonal I41/amd) com parâmetros de rede (a = b = 0,38 nm; c = 0,95 nm), que formam clusters do tipo [TiO₆], Figura 1b. E assim há formação heteroestrutural do TiO₂ sobre o SrTiO₃, Figura 1c, por método químico pois os parâmetros de rede de ambos são semelhantes (0,38 nm e 0,39 nm). Ambos apresentam energia de band gap de 3,2 eV, diferenciando-se pelo potencial de redução. Para a perovskite SrTiO₃, a banda de valência (BV) é predominantemente composta de orbitais *p* do O, com menor contribuição de orbitais *d* do Ti, enquanto a banda de condução (BC) é composta principalmente de orbitais *d* do Ti e orbitais *d* de Sr em mais alta energia (YUE *et al.*, 2014), no qual estas características podem ter intrigantes propriedades com o acoplamentos dos orbitais do TiO₂ composto na BV por orbitais *p* do O e na BC por orbitais *d* do Ti [SAMBRANO *et al.*, 2003].

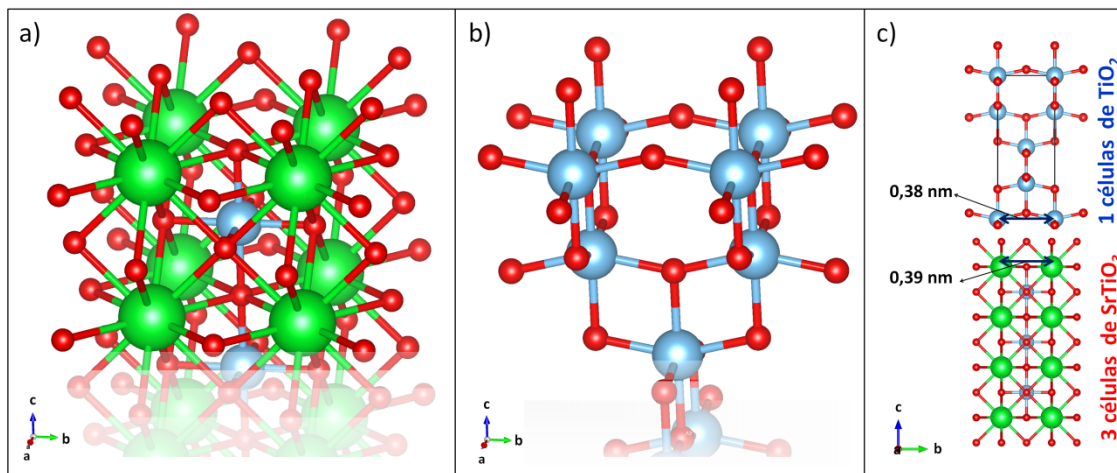


Figura 1. Estruturas geométricas do SrTiO_3 (a), TiO_2 (b), e $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ (c). As esferas de cor verde, azul e vermelha representam os átomos de Sr, Ti, e O, respectivamente. Em (c) é ilustrado o crescimento de uma célula unitária anatase do TiO_2 sobre três células unitárias do SrTiO_3 no eixo c.

Tendo em vista o tipo de aplicação a que se destina o material, deve-se selecionar as propriedades físico-químicas a serem obtidas para as heteroestruturas. Por exemplo, para aplicação fotocatalítica são requeridos defeitos que promovam a transferência dos portadores de carga do bulk para a superfície mantendo elétrons/buracos (e^-/ h^+) separados o maior tempo possível evitando a recombinação dos éxcitons – par constituído pelo elétron fotogerado e o buraco eletrônico. Esta característica aumenta o tempo disponível para que ocorram as reações de oxirredução fotocatalítica. Neste caso, também é desejado que as heteroestruturas possuam elevada área de superfície, pois a reação fotocatalítica se processa na interface entre o catalisador sólido e o meio reacional geralmente líquido. Para o caso da aplicação das heterojunções como sensor de gás, além da elevada área de superfície uma propriedade que vem se mostrando importante é a formação de uma junção p-n, denominada região de depleção, formada por semicondutores do tipo n e do tipo p na interface das fases cristalinas entre os portadores de carga e^- e h^+ (BAO *et al.*, 2013; BAI *et al.*, 2016).

3 | SÍNTESE DOS MATERIAIS

3.1 Preparo do Sol-Gel TiO_2

O TiO_2 é preparado via método sol-gel usando razão molar de 1:4 de isopropóxido de titânio:ácido acético. Adiciona-se o isopropóxido de titânio ao ácido acético, sob agitação à temperatura ambiente, a seguir adiciona-se o álcool isopropílico e a solução permanece sob agitação por 1 hora (Figura 2a), a seguir a solução é deixada em repouso por 24 horas a temperatura ambiente, para a formação do gel.

3.2 Preparo da heterojunção $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$

A heterojunção é preparada em duas etapas. A primeira é a hidroxilação da superfície das partículas de SrTiO_3 para estabilização da suspensão de SrTiO_3 em água. Este procedimento consiste em adicionar H_2O_2 e NH_4OH à suspensão aquosa de SrTiO_3 , deixando-a sob agitação por 30 min a 50°C . Em seguida a temperatura é reduzida a 25°C e, sob agitação, adiciona-se ácido acrílico (dispersante), 2-metoxietanol e isopropanol na razão de 1:1 (estabilizantes) e polivinil álcool, PVA (ligante). A segunda etapa do processamento consiste na mistura da solução sol-gel (obtida no primeiro passo, item 3.1, antes de gelificar) à suspensão. A mistura resultante é deixada sob agitação branda a temperatura ambiente por 24 horas para formar um gel, Figura 2b.

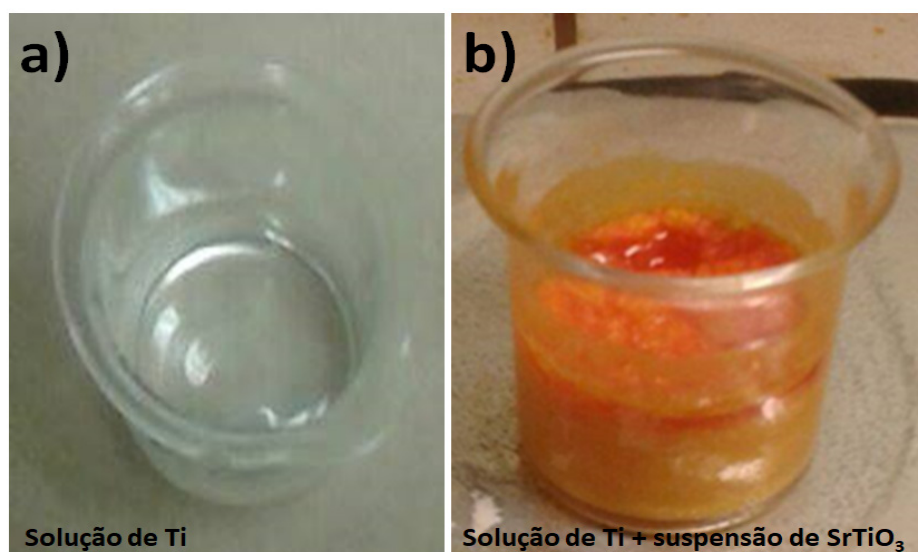


Figura 2. Gel formado antes (a) e após (b) a mistura com SrTiO_3 durante a síntese da heterojunção $\text{SrTiO}_3\text{-TiO}_2$.

3.3 Tratamento térmico e Caracterização

Após a formação do gel de titânio, contendo as partículas de SrTiO_3 para cristalizar o óxido de titânio foi feita uma sequência de tratamentos térmicos. Primeiro o gel foi seco em uma estufa a 100°C / 24 horas, em seguida foi tratado termicamente a 400°C / 2h e, por fim, a 500°C / 4h em forno mufla e atmosfera de ar estático. Os materiais foram então caracterizados por espectroscopia na região do infravermelho por um Espectrofotômetro de absorção na região do infravermelho médio com transformada de Fourier - VERTEX 70 da BRUKER. Análises termogravimétricas (TG/DTA) foram realizadas com um equipamento Netzsch, $5^\circ\text{C}/\text{min}$, ar sintético. Espectroscopia de refletância difusa foram feitas com um espectrofotômetro de absorção na região UV/Vis/NIR com esfera integradora de 150 mm de diâmetro com detectores InGaAs (NIR) e PMT (UV/Vis) de modelo Lambda 1050 da Perkin Elmer. Difratomia de raios X (DRX) foram realizados através de um difratômetro Rigaku®, modelo RINT2000. Microscopia eletrônica de transmissão (MET) foram feitas usando um microscópio FEI/PHILIPS CM120. Os testes fotocatalíticos foram realizados em um fotorreator

mantido a temperatura constante de 28 °C, sob borbulhamento de oxigênio (10 mL.min⁻¹) e irradiação de luz UV ($\lambda = 254$ nm) oriunda de uma lâmpada Phillips® germicida comercial. Soluções de rodamina-B com concentração de 0,01 mmol.L⁻¹, usado para teste de descoloração, foram inseridas no fotorreator. Alíquotas da solução analisada foram retiradas de tempos em tempos para caracterização espectroscópica de absorção no UV-Vis.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3a ilustra o espectro vibracional na região do infravermelho para a solução de titânio logo após formar o gel. O espectro apresenta uma intensa banda OH localizada entre 2500-3300 cm⁻¹, que representa característica de oclusão de H₂O, etanol, grupos hidroxí (Ti-OH) e de estiramentos de ligação OH dos ácidos presentes. A vibração presente em 1640 cm⁻¹ é referente a monômero de H₂O. Observa-se bandas a 1525 e 1400 cm⁻¹ de modos C-H referentes à complexação do isopropóxido com ácido acético, e em 1400-1375 e 1300-1275 cm⁻¹ de flexões C-H dos grupos etoxi (□Ti-OEt). O ácido acético usado na complexação com o isopropóxido de titânio dá origem a três modos vibracionais C-H no gel (1525, 1400 e 1030 cm⁻¹), grupos hidroxila (□Ti-OH) em bandas típicas a 900 e 750 cm⁻¹ (LOPES *et al.*, 1992; HSIANG *et al.*, 2005), e entre 880 e 400 cm⁻¹ de grupos hidroxila complexados ao titânio. A Figura 3b ilustra o espectro vibracional para o gel do compósito formado pela mistura da solução de titânio com a suspensão de SrTiO₃. A banda entre 3500-3300 cm⁻¹ é referente a amins secundárias advindas do NH₄OH usado na ativação da superfície do SrTiO₃. A banda em 1100 cm⁻¹ é referente a estiramento C-O característico de álcool secundário e a banda em 2975 cm⁻¹ correspondem a estiramento de carbono sp³ C-H proveniente do PVA usado como ligante na suspensão. Em 2630 cm⁻¹ e 1700 cm⁻¹ localizam-se bandas referentes aos estiramentos –OH dos álcoois e C=O de ácidos usados na síntese, respectivamente. Duas bandas de estiramentos em 1525 cm⁻¹ e 1375 cm⁻¹ são também referentes a grupos nitro do ácido nítrico usado para regular o pH. Dessa forma pode ser observado a complexação das partículas de SrTiO₃ com a solução de Ti durante a síntese.

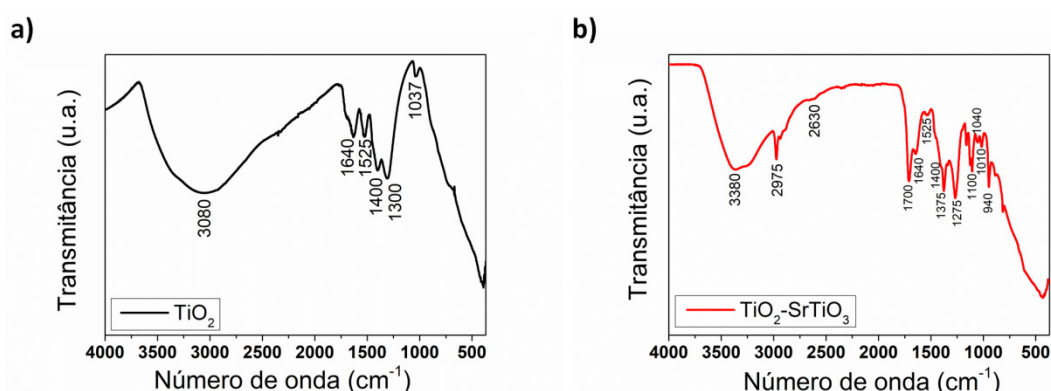


Figura 3. Espectros vibracionais no infravermelho da (a) solução precursora de TiO₂ e do (b)

gel obtido da mistura de solução de titânio mais a suspensão de SrTiO₃.

Análises da solução sol-gel de TiO₂ e da solução do compósito por TG/DTA são representadas na Figura 4. A curva da Figura 4a, ilustra o resultado obtido para a solução sol gel, são observadas duas regiões de perda de massa sendo uma próxima a 100 °C e ~ 380 °C, indicativas da eliminação de água e decomposição da matéria orgânica contida nos compostos ácido acético e isopropóxido de titânio. Na análise de DTA, curva em vermelho, os picos exotérmicos são observados na região de 160°C e 340°C e indicam a combustão da matéria orgânica. A existência de um ombro em aproximadamente 430°C na curva de DTA é atribuída a cristalização de fase do TiO₂. Na Figura 4b, são observadas três regiões de perda de massa, em 100 °C, 200 °C e 400 °C. A primeira perda indica a eliminação de solventes como a água. A segunda região, se refere à decomposição de compostos orgânicos e ao ligante PVA. A terceira região refere se à decomposição dos materiais plastificantes e demais materiais orgânicos. Os picos exotérmicos referem-se à combustão da matéria orgânica. Assim a diferença entre as curvas de perda de massa para o compósito com três regiões em relação à curva para o precursor sol-gel com duas regiões se deve a presença dos compostos orgânicos adicionados para a estabilização da suspensão das partículas de SrTiO₃.

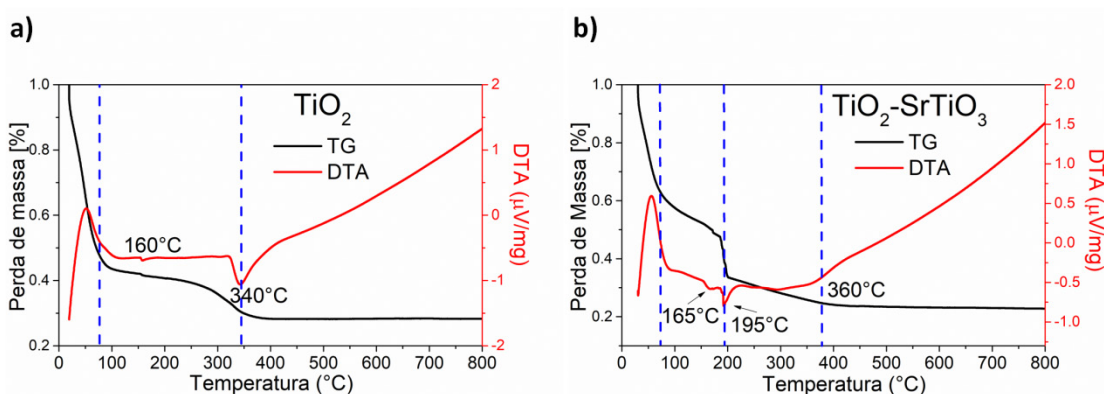


Figura 4. TG/DTA da (a) solução sol-gel de TiO₂ e (b) do compósito TiO₂-SrTiO₃.

A Figura 5a ilustra os difratogramas de raios X do TiO₂ puro e da heterojunção SrTiO₃/TiO₂. Para o TiO₂ puro, as reflexões do difratograma correspondem predominantemente à estrutura cristalina tetragonal anatase, em concordância com o banco de dados ICSD 9852, com um pico localizado a 27,3° correspondendo a estrutura tetragonal rutilo. Para a heterojunção observa-se picos correspondentes a fase tetragonal anatase do TiO₂ e da fase cristalina cubica do SrTiO₃ (ICSD 23076). Observa-se que as larguras à meia altura dos picos são grandes indicando que as partículas obtidas são de tamanho nanométrico.

Na Figura 5b estão as imagens das análises de MET para as partículas de heterojunção. Observa-se que as partículas são da ordem de 10 a 50 nm. Na Figura 5c observa-se a imagem de MET de alta resolução para a região de interface da

heterojunção. Os espaçamentos interplanares calculados para o lado esquerdo da imagem e de 0,352 nm, em concordância com a distância interplanar do plano (101) da fase cristalina tetragonal anatase do TiO_2 . No lado direito da imagem o espaçamento interplanar calculado foi de 0,276 nm, que está de acordo com a distância interplanar do (110) da fase cúbica do SrTiO_3 . Portanto, estes resultados demonstram a formação da heterojunção com o crescimento da fase de TiO_2 (101) sobre a fase de SrTiO_3 (110). Neste caso a diferença entre os retículos do plano (110) da fase cúbica do SrTiO_3 com 0,352 nm e a do plano (101) da fase cristalina tetragonal anatase do TiO_2 é de aproximadamente 21% o que gera uma distorção na rede na interface.

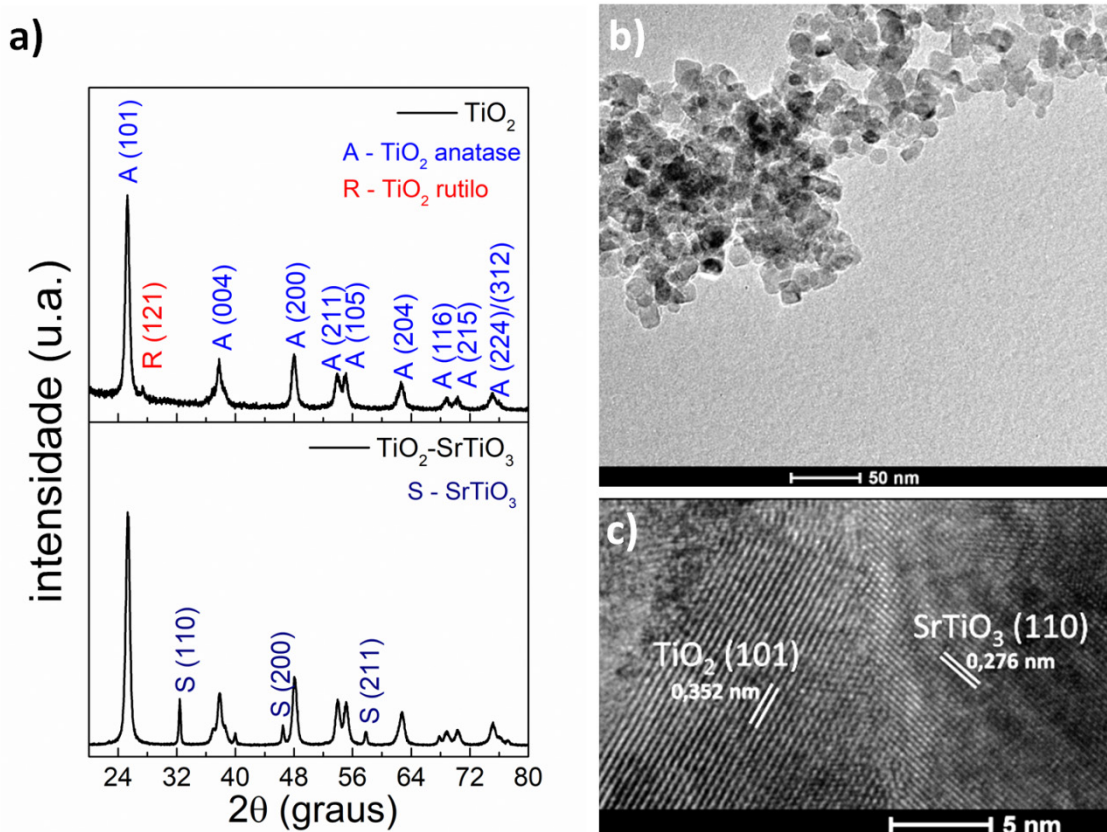


Figura 5. (a) Padrões de DRX para os pós de TiO_2 e da heterojunção $\text{SrTiO}_3\text{-TiO}_2$, (b) MET e (c) MET de alta resolução para a heterojunção.

Os espectros de refletância difusa no UV-Vis do TiO_2 (curva preta) e $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ (curva vermelha), representados na Figura 6a, revelam que os comprimentos de onda de absorção dos materiais são de 363 nm para o TiO_2 e 392 nm para $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$, ambos na região ultravioleta do espectro eletromagnético (menor do que 400 nm). O maior comprimento de onda de absorção da heteroestrutura é consequência da menor energia de *bandgap* da mesma em relação ao TiO_2 puro, cujos valores podem ser encontrados através de seus espectros eletrônicos (Figura 6b) obtidos através da função de Kubelka-Munk considerando *bandgap* indireto para o TiO_2 anatase e SrTiO_3 cúbico.

O valor de *bandgap* encontrado para o TiO_2 é menor do que o registrado na literatura de 3,2 eV (ETACHERI *et al.*, 2015) devido ao método e condições de síntese

que conferiu defeitos em sua rede cristalina e tamanho nanométrico das partículas e conseqüente diminuição do valor de E_{bg} . O espectro eletrônico do material $TiO_2/SrTiO_3$ possui duas regiões de decaimento exponencial, característica de materiais heteroestruturados devido a existência de duas fases cristalinas com valores de *bandgap* diferentes.

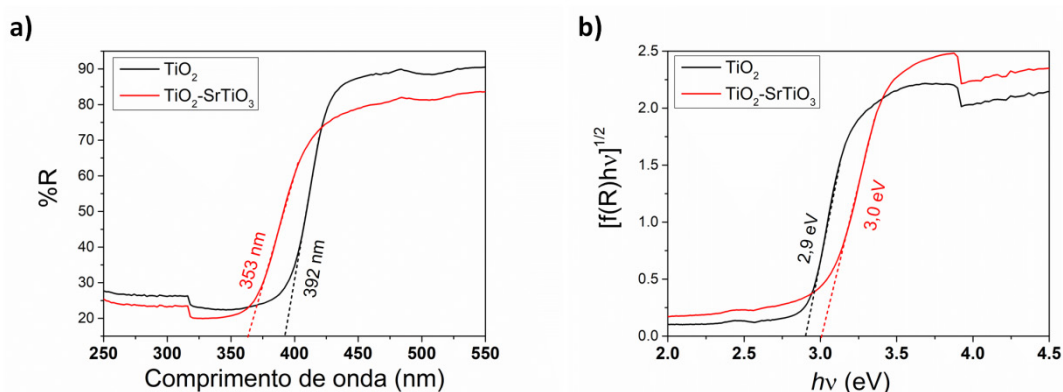


Figura 6. (a) Espectro de reflectância difusa no UV-Vis e (b) espectros eletrônicos de TiO_2 e $TiO_2/SrTiO_3$.

Na Figura 7 encontram-se representadas os resultados de porcentagem de descoloração de Rodamina-B pela ação fotocatalítica do TiO_2 puro (curva preta) e do compósito (curva vermelha). Nota-se que o compósito foi mais eficiente fotocataliticamente, apresentando 98% de descoloração ao final do experimento de 120 min, enquanto o TiO_2 promoveu uma porcentagem de 85% de descoloração. A melhor fotoatividade da heteroestrutura comparada a fotoatividade do TiO_2 puro também é observada nos 60 minutos iniciais de reação, no qual a heteroestrutura tem fotoatividade 25% maior que o TiO_2 . A maior eficiência fotocatalítica está relacionada à formação da heteroestrutura, a qual promove a junção entre as duas fases a diferença nos níveis da BV e BC entre o TiO_2 e o $SrTiO_3$ gerando níveis intermediários de energia o qual permite que o elétron permaneça maior tempo nos sítios da superfície do matéria e assim retarda a recombinação das cargas (elétron/buraco), aumentando a atividade fotocatalítica.

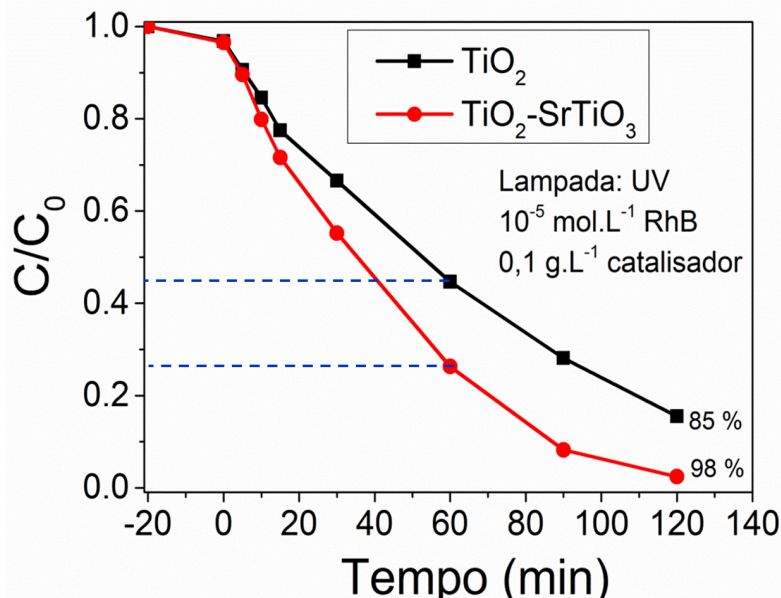


Figura 7. Testes fotocatalíticos com o TiO₂ puro e com a heterojunção.

5 | CONCLUSÕES

A heterojunção SrTiO₃/TiO₂ foi formada e as análises por FTIR demonstraram a complexação das partículas durante a síntese. Os dados obtidos por TG/DTA demonstram a diferença de perda de massa e picos de combustão da matéria orgânica para a síntese do material puro e para a heterojunção. A difratometria de raios X demonstrou a policristalinidade das amostras com predominância da fase cristalina anatase para o TiO₂ e da fase cúbica para o SrTiO₃. Resultados obtidos por TEM confirmaram a formação da heterojunção através da região de interface dos planos cristalinos (101) do TiO₂ com os planos (110) do SrTiO₃. Resultados fotocatalíticos demonstram a maior fotoatividade para o material heteroestruturado comparado à fase pura de TiO₂, comprovando a eficiência da heterojunção na formação de defeitos estruturais que promovem o aumento do tempo de recombinação elétron/buraco favorecendo a interação dos mesmos com o meio e contribuindo para maior eficiência do processo fotocatalítico.

REFERÊNCIAS

- AMORES, R. A. C.; TEODORO, V.; TEIXEIRA, G. F.; LI, M. S.; SIMÕES, A. Z.; PERAZOLLI, L. A.; LONGO, E.; ZAGHETE, M. A. Electrosteric colloidal stabilization for obtaining SrTiO₃/TiO₂ heterojunction: Microstructural evolution in the interface and photonics properties. **Journal Of The European Ceramic Society**, v. 38, p. 1621-1631, 2018.
- BAI, S.; GUO, W.; SUN, J.; LI, J.; TIAN, Y.; CHEN, A.; LUO, R.; LI, D. Synthesis of SnO₂-CuO heterojunction using electrospinning and application in detecting of CO. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 226, p. 96-103, 2016.
- BAO, M.; CHEN, Y.; LI, F.; MA, J.; LV, T.; TANG, Y.; CHEN, L.; XU, Z.; WANG, T. Plate-like p-n heterogeneous NiO/WO₃ nanocomposites for high performance room temperature NO₂ sensors. **Nanoscale**, v. 6, p. 4063-4066, 2014.

- CICHETTO, L.; SERGEENKOV, S.; DIAZ, J. C. C. A.; LONGO, E.; ARAÚJO-MOREIRA, F. M. Influence of substrate on structural and transport properties of LaNiO_3 thin films prepared by pulsed laser deposition. **AIP Advances**, v. 7, n. 025005, 2017.
- COLETO, U.; AMORES, R. A. C.; TEODORO, V.; IANI, I. M.; LONGO, E.; ZAGHETE, M. A.; PERAZOLLI, L. A. An approach for photodegradation mechanism at $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$ interface. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, v. 29, p. 20329-20338, 2018.
- ETACHERI, V.; VALENTIN, C. D.; SCHNEIDER, J.; BAHNEMANN, D.; PILLAI, S. C.. Visible-light activation of TiO_2 photocatalysts: Advances in theory and experiments. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 25, p. 1-29, 2015.
- HAN, C.; SHAO, Q.; LEI, J.; ZHU, Y.; GE, S. Preparation of NiO/TiO_2 *p-n* heterojunction composites and its photocathodic protection for 304 stainless steel under simulated solar light. **Journal of Alloys Compounds**, v. 70, p. 530-537, 2017.
- HSIANG H.I., CHEN C.C., TSAI J.Y. Dispersion of nonaqueous Co_2Z ferrite powders with titanate coupling agent and poly(vinyl butyral). **Applied Surface Science**, v.245, p.252-259, 2005.
- HU, J.; SUN, Y.; XUE, Y.; ZHANG, M.; LI, P.; LIAN, K.; ZHUIYKOV, S.; ZHANG, W.; CHEN, Y. Highly sensitive and ultra-fast gas sensor based on CeO_2 -loaded In_2O_3 hollow spheres for ppb-level hydrogen detection. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 257, p. 124-135, 2018.
- KAUR, N.; COMINI, E.; POLI, N.; ZAPPA, D.; SBERVEGLIERI, G. NiO/ZnO nanowire-heterostructures by vapor phase growth for gas sensing. **Procedia Engineering**, v. 168, p. 1140-1143, 2016.
- KUMAR, R. D.; THANGAPPAN, R.; JAYAVEL, R. Synthesis and characterization of $\text{LaFeO}_3/\text{TiO}_2$ nanocomposites for visible light photocatalytic activity. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, v. 101, p. 25-33, 2017.
- LOPEZ T., SANCHEZ E., BOSCH P., MEAS Y., GOMEZ R. FTIR and UV-Vis (diffuse reflectance) spectroscopic characterization of TiO_2 sol-gel. **Materials Chemistry and Physics**, v.32, p.141-152, 1992.
- RANIERI, M. G.; AMORES, R. A. C.; RAMIREZ, M. A.; CORTES, J. A.; ROCHA, L. S. R.; SILVA, C. C.; SIMÕES, A. Z. Magnetolectricity at room temperature in the $\text{LaFeO}_3/\text{TiO}_2$ heterostructures. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, v. 27, p. 9325-9334, 2016.
- ROSARIO, S. R.; KULANDAISAMY, I.; ARULANANTHAM, A. M. S.; KUMAR, K. D. A.; VALANARASU, S.; SHKIR, M.; KATHALINGAM, A.; ALFAIFY, A. Fabrication and characterization of lead sulfide (PbS) thin film based heterostructure ($\text{FTO}/\text{CdS}/\text{PbS}/\text{Ag}$) solar cell by nebulizer spray method. **Materials Research Express**, v. 6, n. 05416, 2019.
- SAMBRANO, J. R.; VASCONCELLOS, L. A.; MARTINS, J. B. L.; SANTOS, M. R. C.; LONGO, E.; BELTRAN, A. A theoretical analysis on electronic structure of the (110) surface of TiO_2 - SnO_2 mixed oxide. **Journal of Molecular Structure: THEOCHEM**, v. 629, p. 307-314, 2003.
- WANG, C.; WANG, T.; WANG, B.; ZHOU, X.; CHENG, X.; SUN, P.; ZHENG, J.; LU, G. Design of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanorods functionalized tubular NiO nanostructure for discriminating toluene molecules. **Scientific Reports**, v. 6, n. 26432, p. 1-9, 2016.
- XING, X.; XIAO, X.; WANG, L.; WANG, Y. Highly sensitive formaldehyde gas sensor based on hierarchically porous Ag-load ZnO heterojunction nanocomposites. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 247, p. 797-806, 2017.
- YU, J.; ZHANG, L.; CHEN, T.; BIAN, J.; SHI, J.; MENG, F.; HUANG, Y.; LIU, Z. Dual-Function Light-

Trapping: Selective Plating Mask of $\text{SiO}_x/\text{SiN}_x$ Stacks for Silicon Heterojunction Solar Cells. **Solar RRL**, v. 3, n. 1800261, 2019.

YUE, X.; ZHANG, J.; YAN, F.; WANG, X.; HUANG, F. A situ hydrothermal synthesis of $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ heterostructure nanosheets with exposed (0 0 1) facets for enhancing photocatalytic degradation activity. **Applied Surface Science**, v. 316, p. 68-74, 2014.

ZOU, W.; GE, C.; LU, M.; WU, M.; WANG, Y.; SUN, J.; PU, Y.; TANG, C.; GAO, F.; DONG, L. Engineering the NiO/CeO_2 interface to enhance the catalytic performance for CO oxidation. **RSC Advances**, v. 5, p 98335-98343, 2015.

CÉLULAS COMBUSTÍVEIS: UMA VISÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOGÁS

Débora da Silva Vilar

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Milson dos Santos Barbosa

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Isabelle Maria Duarte Gonzaga

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Aline Resende Dória

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Lays Imerim Oliveira

Universidade Federal de Sergipe, Engenharia Ambiental e Sanitária
Aracaju – Sergipe

Caio Vinícius da Silva Almeida

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Dara Silva Santos

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos

Aracaju – Sergipe

RESUMO: O uso contínuo dos combustíveis fósseis como meios energéticos tanto para a geração de energia veicular quanto como participante frequente na matriz energética brasileira e mundial têm contribuído negativamente para o crescimento de diversos problemas que assolam e prejudicam a natureza e a saúde humana. Além do seu elevado potencial em contribuir com problemas diversos ambientais, como emissão de gases poluentes na atmosfera, são recursos energéticos finitos uma vez que podem se tornar escassos. Os dispositivos eletroquímicos nomeados de células a combustível surgem como meios alternativos capazes de fornecer energia de forma mais limpa em relação aos combustíveis fósseis, uma vez que ao contrario destes, tem a água com o produto da reação. Nas células a combustível, o uso de diferentes combustíveis como fonte de alimentação vem sendo desenvolvidos a fim de superar as limitações encontradas com o uso de cada de um deles. Dentre os combustíveis que podem ser utilizados, encontra-se o biogás, uma mistura de diferentes gases obtidos a partir da degradação anaeróbica de resíduos orgânicos. Contudo, para que esta mistura gasosa possa ser usada como fonte de alimentação precisa inicialmente

ser purificada, isto é, necessita passar por processos que promovam a remoção de gases dotados de potencialidade de envenenar os catalisadores usados nos eletrodos, para que assim os riscos da queda do desempenho dos mesmos ocasionada pelo envenenamento sejam minimizados. Nos últimos anos, tem crescido os avanços de maturação de tecnologias de biogás e sustentabilidade econômica para plantas de biogás de pequena e grande escala

PALAVRAS-CHAVE: Geração de energia. Células a combustível. Biogás

FUEL CELLS: A TECHNOLOGICAL VIEW ON BIOGAS

ABSTRACT: The continued use of fossil fuels as energy resources for both vehicular energy generation and as a frequent participant in the Brazilian and world energy matrix has contributed negatively to the growth of several problems that are detrimental to nature and human health. In addition, to their high potential to contribute to environmental problems, such as the emission of polluting gases into the atmosphere, they are finite energy resources since they can become scarce. The named electrochemical devices of fuel cells appear as alternative means capable of supplying energy in a cleaner way in relation to the fossil fuels, since unlike these, it has the water with the major product of the reaction. In fuel cells, the use of different fuels as a power source has been developed in order to overcome the limitations encountered with the use of each of one of them. Among the fuels that can be used, the biogas, a mixture of different gases obtained from the anaerobic degradation of organic waste. However, for this gaseous mixture to be used as a power source, it needs to undergo processes that promote the removal of gases with the potential to poison the catalysts used in the electrodes. In recent years, advances in the maturation of biogas technologies and economic sustainability have grown for small and large-scale biogas plants

KEYWORDS: Energy generation. Fuel cells. Biogas

1 | INTRODUÇÃO

O petróleo bruto, o carvão e o gás são os principais recursos para o abastecimento mundial de energia, e as tecnologias desenvolvidas a base desses combustíveis fósseis estão cada vez mais escassos e caros. Além disso, a dependência desses combustíveis fósseis é um dos problemas mais desafiadores que precisam ser tratados vigorosamente nos últimos tempos, uma vez que, sua produção promove impacto negativo no meio ambiente e contribui para muitas preocupações globais, como mudanças climáticas, depleção de camada de ozônio, chuvas ácidas e redução da cobertura vegetal, o que favorece uma crise ambiental em escala planetária. A partir dessa problemática, a comunidade técnico-científica e empresas da área de energia, buscam fontes de energia renováveis, como solução para substituir os recursos de combustíveis fósseis, a fim de promover baixo impacto ambiental e geração de energia

com alta eficiência (SHAFIEE e TOPAL, 2009; LACHER e TARASCON, 2014).

As células combustíveis surgem como a principal alternativa de conversão de energia do futuro, uma vez que fornecem eficiência energética e operação limpa. Ademais, seu mecanismo de funcionamento, opera sem ruído ou vibração, não possuem peças móveis, o que permite menos manutenção, e sua modularidade permite uma construção simples e uma ampla gama de aplicações em geração de energia portátil, estacionária e de transporte. Quando comparada com as baterias, essas células fornecem capacidade de recarga instantânea. Em suma, as células de combustível fornecem uma conversão de energia primária mais simples, mais eficiente e flexível de energia química (WILBERFORCE *et al.*, 2016; DEKEL, 2017).

Como uma fonte de energia e sem a emissão de poluentes (CO₂) prejudiciais para o meio ambiente, o hidrogênio, é o combustível fundamental para geração de energia elétrica, ao combinar com o oxigênio em reações eletroquímicas nas células de combustível (EDWARDS *et al.*, 2008). Este combustível é um dos elementos mais abundantes do planeta e pode ser obtido de diversas fontes, como água, biomassa, gás natural, etanol, entre outros. De modo geral, o hidrogênio deve passar por estágios como produção, armazenamento e distribuição, para ser usado nas células combustíveis ou em motores de combustão interna (SINIGAGLIA *et al.*, 2017).

Outra alternativa promissora é o uso do biogás, uma vez que é considerado um combustível renovável para produzir eletricidade “verde”, calor ou combustível de veículo, no qual é gerado a partir da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos (resíduos de fazenda, lodo de esgoto, aterro sanitário, entre outros). A composição do biogás produzido é fortemente dependente do substrato utilizado e da tecnologia do biodigestor. E o seu ciclo de produção ainda permite a reciclagem desses resíduos orgânicos, redução de patógenos através do saneamento, bem como a redistribuição de nutrientes inerentes ao processo, que possibilitam benefícios agrícolas e ambientais (HOLM-NIELSEN *et al.*, 2009; BUDZIANOWSKI, 2016). Segundo a Associação Brasileira de Biogás e Biometano (Abiogás), a produção de biogás do Brasil alcança cerca de 20 bilhões de metros cúbicos por ano, nos setores sucroalcooleiro e na produção de alimentos. Já no setor de saneamento básico, resíduos sólidos e esgotos domésticos é de três bilhões de metros cúbicos por ano.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo fornecer uma visão geral, do cenário atual, acerca de células combustíveis, bem como destacar as principais tecnologias que contribuem significativamente nos processos de produção do biogás, a fim do desenvolvimento sustentável e segurança energética. Além de relatar os possíveis desafios enfrentados no mercado da energia, e os países que precisam intensificar pesquisas e modificações para tornar a indústria de células de combustível mais acessível e sustentável.

2 | METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico baseou-se num levantamento bibliográfico sobre células combustíveis, incluindo o princípio de funcionamento, suas características, reações químicas envolvidas e a importância do seu aperfeiçoamento, bem como os tipos de combustíveis utilizados, e os processos de obtenção do biogás. Este último tópico, foi elaborado através de uma pesquisa efetuada nas bases de dados de artigos científicos, no portal *Web of Science*, utilizando a combinação das palavras-chave “*Fuel-cell and Biogas and Microorganism*”.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Prospecção

A Figura 1 exibe o número de registros de artigos científicos e patentes tecnológicas utilizando a combinação das palavras-chave “*Fuel-cell and Biogas and Microorganism*”. É possível verificar que o número de patentes foi mais de seis vezes maior que o número de artigos científicos levantados, com 98 patentes contra 15 artigos.

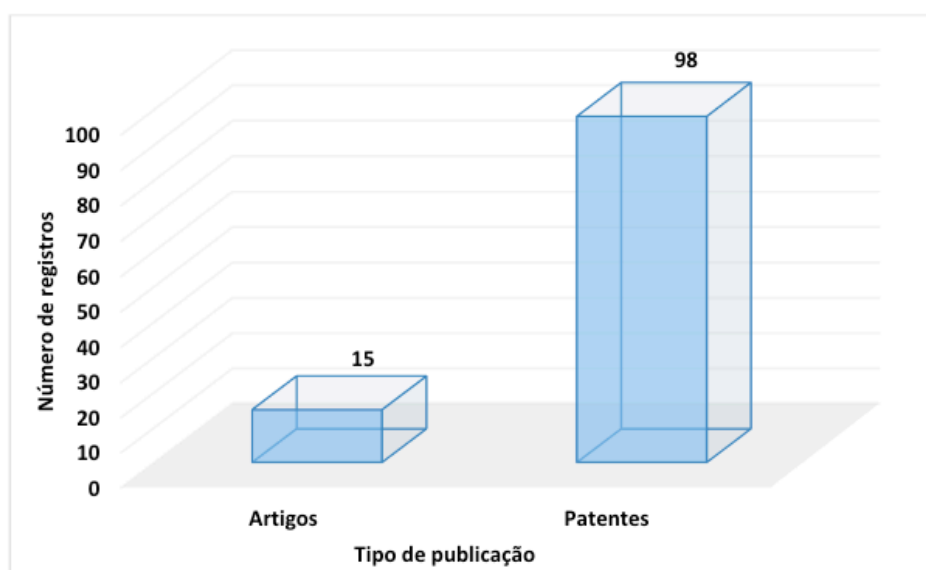


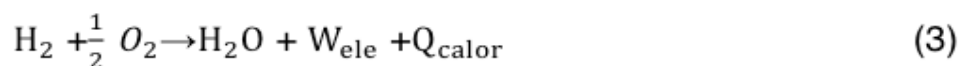
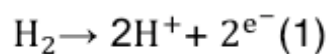
Figura 1: Número de registros de artigos e patentes para a combinação das palavras-chave “*Fuel-cell and Biogas and Microorganism*”.

3.2 Células combustíveis

As células combustíveis fazem parte de uma nova classe de tecnologias de geração de energia, uma vez que são dispositivos capazes de converter direta e eletroquimicamente a energia química provinda de combustíveis em energia elétrica e térmica (BUDZIANOWSKI, 2016). Em princípio, as células combustíveis são transdutores eletroquímicos, que ao combinar hidrogênio e oxigênio em reações eletroquímicas, produzem corrente contínua, por meio da alimentação constante

do oxidante (oxigênio) e do combustível. Estes conversores operam sob elevada eficiência energética, não produzem poluição sonora e apresentam flexibilidade de uso do combustível, ciclos operacionais longos, modularidade, elevada integração com fontes renováveis, além de promover baixo impacto ambiental, já que não emite particulados, e a depender da tecnologia utilizada, sem emissão de gases ácidos para o meio ambiente (ELMER *et al.*, 2015; XU *et al.*, 2017). Quando comparadas com geradores e baterias convencionais de motores de combustão interna, as células combustíveis podem produzir eletricidade continuamente, enquanto que as baterias apenas armazenam energia (EDWARDS *et al.*, 2008).

De um modo geral as células a combustível possuem estrutura básica similar, sua célula unitária consiste de dois eletrodos, um eletrodo catódico (polo positivo) e um eletrodo anódico (polo negativo), o eletrólito (ou meio eletrolítico como comumente é chamado) e um circuito externo (ONG *et al.*, 2017). As reações eletroquímicas de oxidação e redução realizadas por estes dispositivos para produzir corrente elétrica ocorrem no eletrodo anódico, onde o combustível alimentado é oxidado, e no eletrodo catódico, onde o oxidante alimentado é reduzido, (Figura 2) para produzir corrente elétrica. Os eletrodos consistem em um material poroso que é coberto com uma camada de catalisador (geralmente a platina). O hidrogênio molecular (H_2) é alimentado no ânodo a partir de uma corrente de fluxo de gás, onde ele reage eletroquimicamente e é então oxidado para produzir íons e elétrons de hidrogênio, que migram através do eletrólito ácido e transitam/atravessam pelo circuito externo em direção ao cátodo, respectivamente, conforme mostra a Equação 1. Neste sentido, os elétrons e os íons de hidrogênio ao chegar ao polo positivo reagem com o oxigênio para formar água por meio da Equação 2 e por meio da reação global envolvendo energia e calor (Equação 3), e participam assim da reação de redução do oxigênio alimentado no eletrodo catódico da célula. (PEIGHAMBARDUST *et al.*, 2010, O'HAYRE *et al.*, 2016; DEKEL, 2017):



Dois são os modos aos quais as células a combustível podem ser classificadas. São subdivididas de acordo com o tipo de eletrólito (ácido ou alcalino, líquido ou sólido), ou seja, é determinada pelo tipo e pureza do combustível e oxidante utilizados, e de acordo com suas temperaturas operacionais, sendo consideradas de baixas temperatura aquelas que operam na faixa de 80 à 150 °C, intermediárias 150 à 250 °C, temporárias 250 à 650 °C, e altas aquelas que operam em temperaturas superiores

à 650 °C. Existem atualmente seis tipos de células de combustível estabelecidas no mercado (SHARAF e ORHAN, 2014; DODDS *et al*, 2015):

- 1) Célula combustível de membrana de troca de prótons (PEMFC);
- 2) Célula de combustível alcalino (AFC);
- 3) Célula de combustível líquido direto (DLFC);
- 4) Célula de combustível de ácido fosfórico (PAFC);
- 5) Célula de combustível de carbonato fundido (MCFC);
- 6) Célula de combustível de óxido sólido (SOFC).

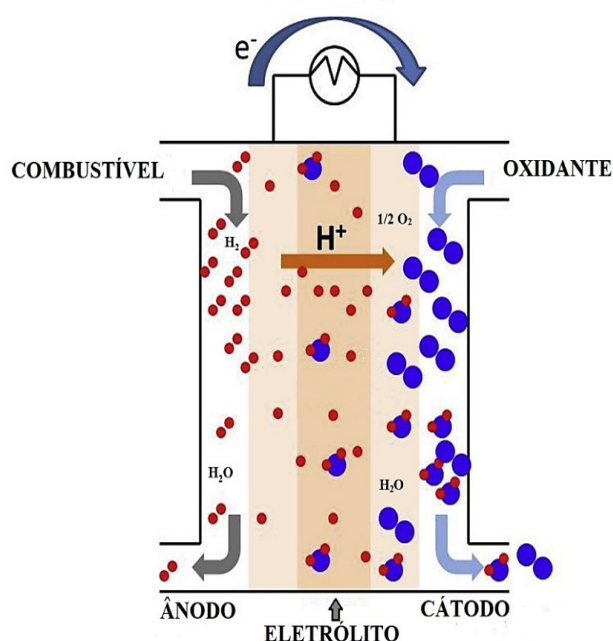


Figura 2: Operação típica da célula combustível.

Fonte: Adaptado de Dekel, 2017.

De forma geral, o eletrólito determina o limite de temperatura de cada tipo de célula eletroquímica. As células PEMFC, AFC e DLFC são classificadas como sendo células de baixa e intermediária temperatura de funcionamento (80-250°C), enquanto que as PAFC, MCFC e SOFC são consideradas células de temperatura operacional temporária e alta (250-1000°C). Contudo, a temperatura de funcionamento destes dispositivos pode ser influenciada por alguns fatores, como: usabilidade do calor, tempo de inicialização e capacidade de variar a produção (KIRUBAKARAN *et al.*, 2009; ELMER *et al.*, 2015). No que diz respeito aos combustíveis utilizados nestes dispositivos os mais comuns são: o gás natural, o hidrogênio, GLP, biogás e alguns combustíveis líquidos, como o metanol e o etanol (os mais utilizados dentre os que vêm sendo estudados para aplicação nas células a combustível de líquido direto. A maioria das células mencionadas acima usam o hidrogênio devido as características que o

combustível apresenta, como: a possibilidade de ser obtido de fontes sustentáveis, não contribuir com o nível de toxidade do meio ambiente e ter densidade energética mássica superior a de outros combustíveis; contudo limitações quanto a sua produção e ao seu armazenamento sob alta pressão somados a fatores que ele pode ocasionar se tornaram fortes barreiras no avanço tecnológico desta alternativa energética (ONG *et al.*, 2017) simple structure, small fuel cartridge, instant recharging, and ease of storage and transport. Alcohols such as methanol and ethanol were the most common types of fuel used, although glycols and acids are also used. The main problem that arose in direct liquid fuel cells (DLFCs). A utilização de biogás é mais desafiadora do que a utilização do gás natural devido a vestígios de impurezas que podem envenenar catalisadores e ao enriquecimento de CO₂ que pode contribuir para a deposição de carbono. Portanto, as células de combustível alimentadas com biogás requerem configurações especiais e abordagens de tratamento de combustível para minimizar esses efeitos negativos (KIRUBAKARAN *et al.*, 2009; VAN BIERT *et al.*, 2016).

3.3 Biogás

A China e a Índia foram os primeiros produtores de biogás, utilizando-o como fonte de iluminação e cocção, possuindo como matéria-prima resíduos alimentares e dejetos em geral. A partir de 1950 outros países passaram a utilizar lodo de esgoto como fonte de digestão anaeróbica, tendo como principal objetivo a sua redução. Porém, com a crise do petróleo nos anos 70, surgiu a necessidade de aproveitar o biogás produzido neste processo, impulsionando pesquisas relacionadas a otimização da digestão anaeróbica da matéria orgânica. Já a partir da década de 90 houve a popularização desse processo, alimentado por restaurantes, frigoríficos e outros (KARLSSON *et al.*, 2014).

O biogás consiste, geralmente, de uma mistura de um terço de metano, um terço de dióxido de carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, gás sulfídrico e amônia, variando de acordo com a matriz orgânica, e quando purificado pode ser usado na produção de energia e como combustível veicular. Este é obtido pela degradação anaeróbica de resíduos orgânicos através de microrganismos em biodigestores projetados especialmente para a sua produção. Também é comum a produção de biogás em pântanos, aterros sanitários e locais onde ocorre a decomposição natural de celulose. Biodigestores são equipamentos utilizados na produção de biogás. Uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico em solução aquosa, o qual sofre decomposição, produzindo metano, dióxido de carbono, biofertilizantes e outros gases (KARLSSON *et al.*, 2014).

Existe uma grande variedade de modelos de biodigestores, estes são adaptados de acordo com a necessidade da produção e podem ser do tipo contínuo ou batelada. Os contínuos são alimentados em intervalos de tempo. Já do tipo batelada, todo o resíduo é inserido, mantendo o biodigestor fechado durante o processo. Durante seu dimensionamento é analisada a quantidade, tipo e tratamento do resíduo e geração

de energia e biofertilizante. Os modelos mais conhecidos são o Indiano, que possui pressão de operação constante e deve apresentar concentração em torno de 8% de sólidos totais para evitar entupimento dos canos de entrada e saída do material; e chinês, quase totalmente de alvenaria, de baixo custo, porém com problemas de vazamento se não for devidamente vedado (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

Os aterros sanitários são considerados reatores biológicos, onde são depositados resíduos urbanos e água, produzindo gases e chorume. O processo possui duas etapas: decomposição aeróbia que ocorrem, geralmente na deposição do resíduo. Depois dessa etapa, inicia-se a redução de oxigênio, e assim a decomposição anaeróbia. A quantidade dos gases produzidos irá depender da idade do aterro, sendo influenciados também por projeto e operação do aterro, composição e idade do resíduo, entre outros. Sendo assim, desde 2010 foram realizados investimentos em aterros sanitários e em galpões de triagem a fim de utilizar técnicas adequadas quanto a destinação do biogás produzido (MMA, 2017).

A produção de biogás depende da concentração de nutrientes, impermeabilidade do ar, umidade, tamanho das partículas, temperatura e pH. A concentração dos nutrientes no reator é um valor referencial de importância decisiva na produção de biogás, a taxa de crescimento e a atividade das diversas populações estão condicionadas à concentração e a disponibilidade desses nutrientes. Há uma diferença de produção quando se tem ou não contato com oxigênio, a decomposição na presença de ar irá gerar dióxido de carbono, diferente de um processo anaeróbico que produzirá metano, por esse motivo é de grande importância que o biodigestor esteja vedado. Quanto à umidade, esta irá depender da presença de água no resíduo, impermeabilização do fundo do biodigestor, pluviosidade da região e tipo de cobertura (ROHSTOFFE, 2010).

Em relação ao tamanho das partículas, existe um aumento na velocidade de degradação quando estes resíduos são menores. A variação da temperatura acima ou abaixo da faixa de temperatura de cada microrganismo pode acarretar a inibição dos microrganismos, podendo levar até mesmo a danos irreversíveis. O valor do pH no sistema é determinado automaticamente pelos metabólitos ácidos e alcalinos produzidos na decomposição anaeróbia, e se reduz quando a capacidade de tamponamento do sistema se esgota, ou seja, quando ocorre um acúmulo muito grande de ácidos orgânicos (ROHSTOFFE, 2010).

3.4 Processo de obtenção do biogás

A digestão anaeróbica é o processo utilizado para a produção de biogás e gera vantagens ambientais devido a utilização de resíduos orgânicos como matéria-prima para sua produção, e redução das emissões de metano e dióxido de carbono para a atmosfera. Neste processo, os microrganismos participantes estão divididos em três grandes grupos com comportamentos fisiológicos diferentes: bactérias fermentativas, bactérias acetogênicas e bactérias metanogênicas (KARLSSON *et al.*, 2014). A Figura

3 representa um esquema do processo de digestão anaeróbica, dividido em quatro fases principais.

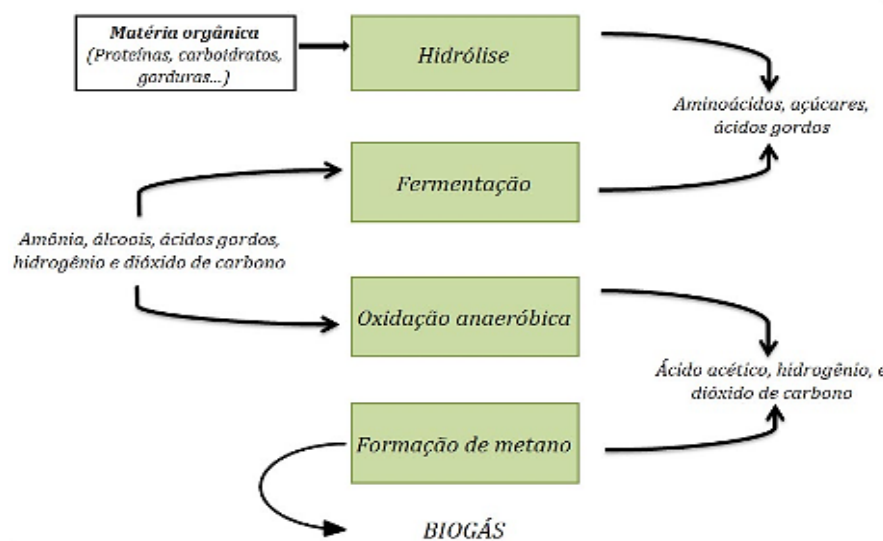


Figura 3: Representação esquemática das etapas de digestão anaeróbica.

Fonte: Manual básico de biogás, 2014.

A hidrólise é uma fase lenta, responsável pela quebra do material orgânico em pequenas moléculas, facilitando a alimentação dos microrganismos. Na segunda fase, acidogênese, os produtos da hidrólise são transformados em compostos mais simples (ácidos graxos voláteis, ácido láctico, sulfeto de hidrogênio, entre outros) através da sua metabolização no interior das células de bactérias fermentativas. Na acetogênese, as bactérias conduzem à oxidação dos produtos da segunda fase, produzindo substrato (hidrogênio, o dióxido de carbono e ácido acético) para a metanogênese. Nesta quarta fase, estas bactérias utilizam uma menor quantidade de substrato. Elas são divididas em dois grupos: o primeiro, que forma metano a partir do ácido acético ou metanol e o segundo, que produz metano a partir do hidrogênio e dióxido de carbono. Sendo esses dois grupos responsáveis pelo consumo de hidrogênio nas outras fases. Assim, pode-se notar que a digestão anaeróbica é composta por diversos microrganismos, os quais geram produtos que servem de alimento para outros tipos de microrganismos dentro do processo, sendo necessários fatores ambientais apropriados para todas as espécies participantes (KARLSSON *et al.*, 2014). Qualquer tipo de biomassa tem potencial para ser um substrato para a produção de biogás por digestão anaeróbica, desde que contenha carboidratos, proteínas, gorduras e celulose e como componentes principais. Tais fatores tornam cada vez maior o número de pesquisas científicas voltadas à obtenção do biogás por meio da digestão anaeróbica (BRAUN, 2007), como mostra a Tabela 1.

Produto	Condições	Tipo de reator	Referência
Biometano	159 dias 35 °C <i>Methanobacterium sp.*</i>	Sistemas bioelectroquímicos	Battle-Vilanova <i>et al.</i> , 2015
	60 dias 35 °C <i>Auxenochlorella protothecoides*</i>	Biorreator heterotrófico	Bohutskyi <i>et al.</i> , 2014
	25 dias 37 °C <i>Geoalkalibacter*</i>	Sistemas bioelectroquímicos	Marone <i>et al.</i> , 2016
	3 dias 37 °C <i>Pseudomonas fluorescens*</i>	Biorreator de filtro anaeróbico	Nettmann <i>et al.</i> , 2013
Biohidrogênio	10 dias 15–35 °C Metanogênico*	Biorreator fermentativo e célula eletroquímica	Golubet <i>et al.</i> , 2013
	3 dias 4 °C Hidrogenase*	Biorreator fermentativo	Kern <i>et al.</i> , 2016
	24 dias 35 °C Metanogênico*	Biorreator Microbiano Assistido Eletroquimicamente	Tommasi <i>et al.</i> , 2012
Biofilme	41 dias 30 ± 2 °C <i>Porphyromonadaceae*</i>	Pilha de combustível microbiana	Daghio <i>et al.</i> , 2014

*Micro-organismo

Tabela 1: Trabalhos científicos utilizando a digestão anaeróbica para produção de biogás em reatores batelada.

3.5 Aplicações do biogás

As políticas internacionais estabeleceram que até 2020, pelo menos 25% de toda bioenergia pode ser originária do biogás. Uma parte importante das energias renováveis será originária a partir de materiais biomassa e co-produtos oriundos das indústrias convencionais (HOLM-NIELSEN e AL-SEADI, 2009). Dessa forma, a utilização de biogás no mercado da energia provavelmente irá acelerar, à medida que os problemas de economia e aceitação do mercado sejam superados. A demanda de biogás segue uma tendência exponencial, como consequência da crescente participação das energias renováveis no fornecimento mundial de energia, incluindo a necessidade de tecnologias baseadas em matérias-primas sustentáveis. A inserção do biogás no mercado é altamente dependente da qualidade das matérias-primas regionais, além das condições políticas e econômicas favoráveis (WELLINGER *et al.*, 2013).

O biogás tem vantagens definitivas, mesmo que comparadas com outras alternativas de energia renovável. Pode ser produzido quando necessário e pode ser facilmente armazenado. Pode ser distribuído através da infraestrutura de gás natural existente e usado nas mesmas aplicações, como o gás natural. Além da utilização de

eletricidade renovável e produção de calor, o biogás pode substituir os combustíveis fósseis no setor de transporte (NEVES *et al.*, 2009). Existem vários fins de utilização de biogás, que incluem (HOLM-NIELSEN e AL-SEADI, 2009; GRANDO *et al.*, 2017; KADAM *et al.*, 2017):

- Geração de calor, vapor, eletricidade ou refrigeração na indústria;
- Produção de eletricidade com produção combinada de calor e energia;
- Utilização como combustível para veículos;
- Produção de produtos químicos e/ou proteínas;
- Injeção nas redes de gás natural;
- Estabilização de sistemas de energia solar;
- Combustível para células de combustível.

Uma maneira eficiente de integrar o biogás no setor de energia é a atualização do biogás para a melhoria da qualidade do gás natural (biometano) e injetá-lo na grade de gás natural existente. Como o biogás nem sempre pode ser usado nas proximidades das instalações de produção, nas áreas agrícolas, a injeção de biogás atualizado como biometano nas redes de gás natural amplia as oportunidades de transporte e uso de biogás nas grandes áreas de consumo de energia, onde a concentração da população está situada (WELLINGER *et al.*, 2013; GRANDO *et al.*, 2017).

Um exemplo notável de aplicação do biogás é a sua utilização como combustível veicular na Suécia, onde o mercado do biogás vem crescendo ligeiramente nos últimos anos. Em 2014, a Suécia tinha 139 estações de tratamento, 35 digestores anaeróbicos de resíduos sólidos e outros 5 digestores anaeróbicos de resíduos industriais que abasteceram 46.975 carros, 2.315 ônibus e 755 caminhões. Eram 17% da frota total de ônibus do país rodando com biometano (biogás purificado). O resultado é que o país construiu uma indústria sólida de biogás e biometano capaz de movimentar os transportes urbanos das suas cidades a partir apenas dos seus resíduos orgânicos. Um excelente exemplo é a cidade de Borås, na região Sul da Suécia, reaproveita 99% do lixo produzido. Apenas 1% não tem serventia alguma e vai para o aterro. Por causa do lixo que é transformado em energia, os moradores pagam até 50% a menos na conta de luz e o transporte público sai 20% mais barato (PECHSIRI *et al.*, 2016; KARLSSON *et al.*, 2017).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o uso do biogás no Brasil poderia abastecer 12% de toda matriz energética nacional. Entretanto, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o país só usa 0,05%. Os dados chamam a atenção para a necessidade de se investir na produção do biogás como fonte a diversificar a brasileira e contribuir com o meio ambiente (SALOMON e LORA, 2009; BARROS *et al.*, 2014). Esse baixo aproveitamento está associado a falta de

confiabilidade nas tecnologias brasileiras para produção e tratamento do biogás por parte dos investidores do setor energético. Além disso, no Brasil, a energia elétrica ainda é muito barata porque é proveniente das hidrelétricas. Mas ao se comparar com o valor de custos, impostos e distribuição, o biogás pode ser mais barato que a energia que o usuário compra da rede. Essa visão tende a ser cada vez ampliada nos próximos anos, uma vez que o Brasil já tem unidades comerciais operando em todas as escalas com tecnologias ambientalmente, energeticamente e economicamente sustentáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2017). A Tabela 2 apresenta exemplos brasileiros de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto que produzem biogás (SALOMON e LORA, 2009; BARROS *et al.*, 2014; PIÑAS *et al.*, 2016).

O maior investimento do governo brasileiro para produção de biogás é o Aterro Sanitário de Gramacho, que fica na baixada fluminense em Duque de Caxias, no Rio de Janeiro. Inaugurado em 1978, o espaço foi cedido à Comlurb e funcionou como lixão da capital até junho de 2012, quando foi encerrado por causa da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20). Ainda como lixão, em 2009, a empresa Gás Verde S. iniciou a extração e produção do biogás bruto, por meio de 301 poços de produção, tubulações de coleta e estação de bombeio. O gás, até então era simplesmente queimado, impedindo que o metano, que tem impacto 21 vezes maior que o gás carbônico em termos de efeito estufa, fosse lançado na atmosfera. A partir de então, o biogás passou a ser purificado até obter a qualidade equivalente ao gás natural, transformando-se em gás verde, que é então transportado para abastecimento parcial da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), da Petrobras (SALOMON e LORA, 2009; PIÑAS *et al.*, 2016).

Nome/Local	Tipo de resíduo	Produção	Aplicação
Estação de Tratamento Ribeirão (São Paulo)	Efluentes líquidos	8.000 m ³ /dia (65% metano)	Energia elétrica e térmica
Estação de Tratamento Arrudas (Minas Gerais)	Efluentes líquidos	25.000 m ³ /dia (67% metano)	Energia elétrica
Central de Tratamento Caieiras (São Paulo)	Efluentes líquidos	17.600 m ³ /dia	Energia elétrica
Aterro São João (São Paulo)	Sólidos urbanos	15.000 m ³ /h (50% metano)	Energia elétrica
Aterro Bandeirantes (São Paulo)	Sólidos urbanos	135.000 m ³ /dia	Energia elétrica
Aterro Dois Arcos (Rio de Janeiro)	Sólidos urbanos	5,5 milhões m ³ /ano	Energia elétrica
Aterro Gramacho (Rio de Janeiro)	Sólidos urbanos	160 milhões m ³ /ano	Energia elétrica

Tabela 2: Exemplos brasileiros de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto que produzem biogás.

4 | CONCLUSÃO

As células combustíveis produzem com segurança energia e água para diferentes áreas da sociedade e qualquer combustível rico em hidrogênio pode ser utilizado na célula combustível, como gás natural, propano, gás de aterros e biogás. A tecnologia de biogás promove benefícios ao meio ambiente, economia e conservação de energia. Vastos recursos de biomassa, incluindo resíduos orgânicos, têm potencial para uso como matéria-prima para a produção de biogás. O biogás é um gás combustível que consiste principalmente em metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) é produzido, majoritariamente, por digestão anaeróbica de compostos orgânicos. O biogás é usado principalmente para geração de energia elétrica, mas também apresenta grande potencial para ser utilizado como combustível de transporte para veículos, geração de produtos químicos e combustíveis para células de combustível. Nos últimos anos, tem crescido os avanços de maturação de tecnologias de biogás e sustentabilidade econômica para plantas de biogás de pequena e grande escala. Finalmente, com base na pesquisa relatada, verificou-se ainda que o aproveitamento do biogás é economicamente viável com incentivos governamentais, uma vez que promove o aproveitamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

BARROS, R. M.; FILHO, G. L. T.; DA SILVA, T. R. **The electric energy potential of landfill biogas in Brazil.** *Energy Policy*. *Energy Policy*, Vol. 65, p. 150-164, 2014.

BRAUN, R. **Anaerobic digestion: a multi-faceted process for energy, environmental management and rural development.** In: **Improvement of crop plants for industrial end uses.** *Improvement of Crop Plants for Industrial End Uses*, p. 335-416, 2007.

BUDZIANOWSKI, W. M. **A review of potential innovations for production, conditioning and utilization of biogas with multiple-criteria assessment.** *Renewable and sustainable energy reviews.* *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 54, p. 1148-1171, 2016.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M.C.J.P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada,** Enc. Energ. Meio Rural, 2002.

DEKEL, D. R. **Review of cell performance in anion exchange membrane fuel cells.** *Journal of Power Sources*, Vol. 375, p. 158-169, 2017.

DODDS, P. E.; STAFFELL, I.; HAWKES, A. D.; LI, F.; GRÜNEWALD, P.; MCDOWALL, W.; EKINS, P. **Hydrogen and fuel cell technologies for heating: a review.** *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 40, p. 2065-2083, 2015.

EDWARDS, P. P.; KUZNETSOV, V. L.; DAVID, W. I.; BRANDON, N. P. **Hydrogen and fuel cells: towards a sustainable energy future.** *Energy Policy*, Vol. 36, p. 4356-4362, 2008.

ELMER, T.; WORALL, M.; WU, S.; RIFFAT, S. B. **Fuel cell technology for domestic built environment applications: State of-the-art review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 42, p. 913-931, 2015.

GRANDO, R. L.; DE SOUZA ANTUNE, A. M.; DA FONSECA, F. V.; SÁNCHEZ, A.; BARRENA, R.;

- FONT, X. **Technology overview of biogas production in anaerobic digestion plants: A European evaluation of research and development.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 80, p. 44-53, 2017.
- HOLM-NIELSEN, J. B.; AL-SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. **The future of anaerobic digestion and biogas utilization.** *Bioresource technology*, Vol. 100, p. 5478-5484, 2009.
- FLORIO, D. Z. de.; FONSECA, F. C.; MUCCILLO, E. N. S.; MUCCILLO, R. **Materiais cerâmicos para células a combustível de óxido sólido.** *Cerâmica*, Vol. 64, p. 569–571, 2008.
- KADAM, R.; PANWAR, N. L. **Recent advancement in biogas enrichment and its applications.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 73, p. 892-903, 2017.
- KARLSSON, N. P.; HALILA, F.; MATTSSON, M.; HOVESKOG, M. **Success factors for agricultural biogas production in Sweden: A case study of business model innovation.** *Journal of Cleaner Production*, Vol. 142, p. 2925-2934, 2017.
- KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C.E.; KOCH, F.F.; PEDROSO, A.G. **Manual básico de biogás.** Ed. Univates, Lajeado, 2014.
- KIRUBAKARAN, A.; JAIN, S.; NEMA, R. K. **A review on fuel cell technologies and power electronic interface.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, p. 2430-2440, 2009.
- LARCHER, D.; TARASCON, J. M. **Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage.** *Nature chemistry*, Vol. 7, p. 19-29, 2015.
- MMA- Ministério do meio ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>>. Acesso em: 04 de setembro de 2017.
- NEVES, L. C. M.; CONVERTI, A.; PENNA, T. C. V. **Biogas production: new trends for alternative energy sources in rural and urban zones.** *Chemical engineering & technology*, Vol. 32, p. 1147-1153, 2009.
- O'HAYRE, R.; CHA, S. W.; PRINZ, F. B.; COLELLA, W. **Fuel cell fundamentals.** *John Wiley & Sons*, 2016.
- OLIVEIRA, L. G. S.; NEGRO, S. O. Endogenous and exogenous influences on the evolution of Brazilian Biogas Innovation System, 2017.
- ONG, B. C.; KAMARUDIN, S. K.; BASRI, S. **Direct liquid fuel cells: A review.** *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 42, p. 10142–10157, 2017.
- PECHSIRI, J. S.; THOMAS, J. B. E.; RISÉN, E.; RIBEIRO, M. S.; MALMSTRÖM, M. E.; NYLUND, G. M.; GRÖNDAHL, F. **Energy performance and greenhouse gas emissions of kelp cultivation for biogas and fertilizer recovery in Sweden.** *Science of the Total Environment*, Vol. 573, p. 347-355, 2016.
- PEIGHAMBARDoust, S. J.; ROWSHANZAMIR, S.; AMJADI, M. **Review of the proton exchange membranes for fuel cell applications.** *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 35, p. 9349-9384, 2010.
- PIÑAS, J. A. V.; VENTURINI, O. J.; LORA, E. E. S., OLIVEIRA, M. A. D.; ROALCABA, O. D. C. **Landfills for electricity generation from biogas production in Brazil: comparison of LandGEM (EPA) and BIOGAS (Cetesb) models.** *Revista Brasileira de Estudos de População*, Vol. 33, p. 175-188, 2016.

ROHSTOFFE, F. N. Guia prático do biogás: geração e utilização, Probiogás, 5ª edição, totalmente revista e atualizada, Gülzow, 2010.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. **Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil.** *Biomass and Bioenergy*, Vol. 33, p. 1101-1107, 2009.

SHAFIEE, S.; TOPAL, E. **When will fossil fuel reserves be diminished.** *Energy Policy*, Vol. 37, p. 181-189, 2009.

SHARAF, O. Z.; ORHAN, M. F. **An overview of fuel cell technology: Fundamentals and applications.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 32, p. 810-853, 2014.

SINIGAGLIA, T.; LEWISKI, F.; MARTINS, M. E. S.; SILUK, J. C. M. **Production, storage, fuel stations of hydrogen and its utilization in automotive applications-a review.** *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 43, p. 1543-1612, 2017.

VAN BIERT, L.; GODJEVAC, M.; VISSER, K.; ARAVIND, P. V. **A review of fuel cell systems for maritime applications.** *Journal of Power Sources*, Vol. 327, p. 345-364, 2016.

WELLINGER, A.; MURPHY, J. D.; BAXTER, D. **The biogas handbook: science, production and applications.** Elsevier, 2013.

WILBERFORCE, T.; ALASWAD, A.; PALUMBO, A.; DASSISTI, M.; OLABI, A. G. **Advances in stationary and portable fuel cell applications.** *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 41, p. 16509-16522, 2016.

XU, Q.; ZHANG, F.; XU, L.; LEUNG, P.; YANG, C.; LI, H. **The applications and prospect of fuel cells in medical field: A review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 67, p. 574-580, 2017.

COLAPSIBILIDADE DE UM PERFIL DE SOLO NÃO SATURADO

Roger Augusto Rodrigues

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Bauru

Alfredo Lopes Saab

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Bauru

Gustavo Tavernaro Tambelli

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Bauru

RESUMO: Os solos colapsíveis constituem uma categoria de solos não saturados que se caracterizam por apresentar deformações por umedecimento ou colapso sem que haja grandes alterações das sobrecargas atuantes. O colapso dos solos é um problema geotécnico que ocorre em diversas regiões do mundo e que afeta obras civis. Os estudos do comportamento tensão-deformação/fluxo desses solos têm sido aprimorados pelo desenvolvimento de experimentos com sucção controlada e de modelos constitutivos. Neste trabalho, ensaios edométricos com sucção controlada constante de 0 (saturado), 100 e 200 kPa foram realizados. Potenciais de colapso calculados para diferentes valores de tensão indicam que a colapsibilidade do solo é maior na superfície do terreno e tende a decrescer com a profundidade e com a redução da sucção inicial do solo.

PALAVRAS-CHAVE: colapso do solo, solo não

saturado, sucção no solo.

COLAPSIBILITY OF AN UNSATURATED SOIL PROFILE

ABSTRACT: Collapsible soils are a category of unsaturated soils that are characterized by deformations by wetting or collapse without important changes in overloading actions. The collapse of soil is a geotechnical problem that occurs in many regions of the world and affects civil works. Studies of stress-strain/flow behavior of these soils have been improved by the development of experiments with controlled suction and constitutive models. Oedometer tests with constant suction of 0 (saturated), 100 and 200 kPa were performed in this work. Collapse potentials calculated for different stresses show that soil collapsibility is greater on the land surface and tends to decrease with depth and with the reduction of initial soil suction.

KEYWORDS: soil collapse, unsaturated soil, soil suction.

1 | INTRODUÇÃO

Os solos colapsíveis são solos não saturados que se caracterizam por apresentar deformações quando são umedecidos, resultando em uma redução de volume ou

colapso, sem que haja variação significativa das sobrecargas atuantes. O colapso é um comportamento típico de solos de baixa densidade (ALONSO; GENS; HIGHT, 1987; DUDLEY, 1970; NUÑES, 1975) que podem ser encontrados em diversos lugares do mundo (VILAR; RODRIGUES; NOGUEIRA, 1981). Estes solos já foram identificados em formações aluviais, coluviais, eólicas, solos residuais, além de aterros pouco compactados (BOOTH, 1975; CLEMENCE; FINBAR, 1981; DUDLEY, 1970; JENNINGS; KNIGHT, 1975; NUÑES, 1975; SURIOL; GENS; ALONSO, 1998; VILAR; RODRIGUES; NOGUEIRA, 1981; VILAR; GAIOTO 1994).

Certas regiões são propícias para o desenvolvimento de solos colapsíveis. Na Região Sudeste do Brasil, por exemplo, períodos alternados de relativa seca e precipitações intensas associados a altas temperaturas originam solos de elevada porosidade. Outro exemplo, refere-se aos solos formados em regiões de clima árido e semiárido como os da Região Nordeste do Brasil, onde a evaporação/evapotranspiração é maior que a precipitação.

O valor máximo do colapso depende do tipo de solo, densidade e umidade. Deformações por colapso maiores estão associadas a baixas densidades e baixos graus de saturação (ALONSO; GENS; JOSA, 1990; COLLINS; MCGROWN, 1974; DUDLEY, 1970).

O mecanismo de colapso está relacionado à estrutura metaestável do solo que na condição não saturada é mantida em equilíbrio graças a vínculos temporários. As forças de superfície e os cimentos solúveis são exemplos desses vínculos. Das forças de superfície, como a adsorção, quando combinadas com a capilaridade dão origem à sucção que aumenta a pressão de contato entre as partículas do solo, garantindo certa estabilidade ao solo. Com o umedecimento do solo a sucção diminui dando origem ao colapso do solo.

O colapso é o responsável por recalques em obras civis, ocasionando desde pequenos danos, tais como o aparecimento de pequenas trincas em paredes, até danos mais severos como ruína parcial de paredes, pisos e instalações hidráulicas e rupturas de elementos estruturais de concreto, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Construções afetadas pelo colapso do solo em Pereira Barreto-SP (RODRIGUES, 2007).

2 | ENSAIOS E MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS COLAPSÍVEIS

Os métodos existentes para identificar solos colapsíveis geralmente se baseiam em alguns princípios básicos: (a) métodos expeditos desenvolvidos a partir de conceitos empíricos e testes rápidos, como os métodos baseados em limites de consistência e índices físicos (DENISOV, 1951; FEDA, 1966; GIBBS; BARA, 1967; SULTAN, 1971); (b) métodos baseados em ensaios edométricos (DENISOV, 1951; JENNINGS; KNIGHT, 1975; REGINATTO; FERRERO, 1973) e (c) métodos baseados em ensaios de campo, como o ensaio de penetração de cone e provas de carga em placa, algumas delas especialmente projetadas para estudo do colapso dos solos (FERREIRA, 1993; HOUSTON et al. 1988).

Os critérios empíricos geralmente incorporam a ideia de um solo de baixa densidade. Gibbs (1961) utilizou um critério baseado na relação entre a massa específica seca *in situ* e massa específica seca máxima *versus* o desvio de umidade, como mostrado na Figura 2(a).

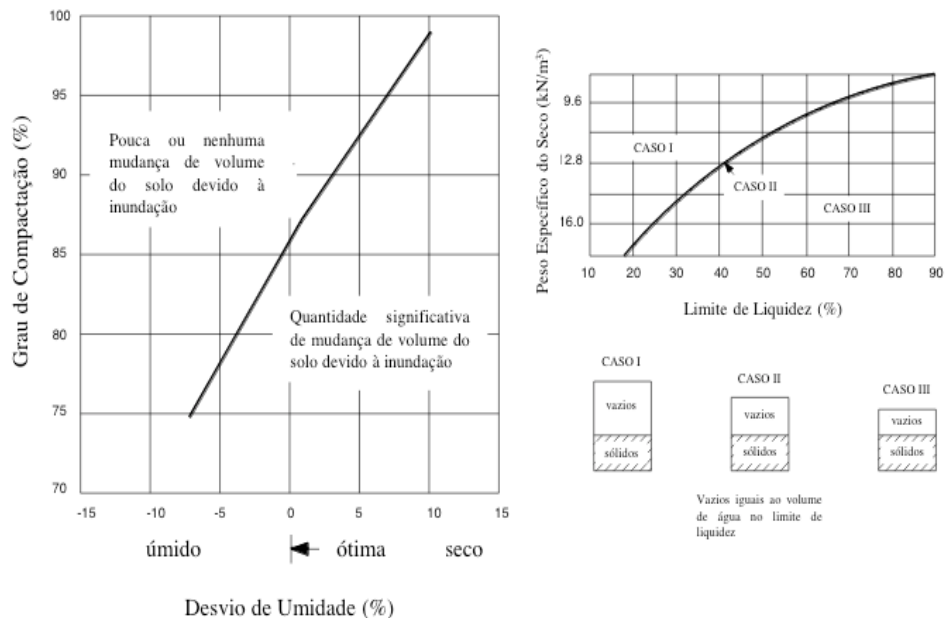


Figura 2: Critério de identificação de solos colapsíveis: (a) baseado no grau de compactação e desvio de umidade; (b) baseado no peso específico seco e limite de liquidez (USBR, 1998).

Se o grau de compactação e o desvio de umidade são plotadas abaixo e à direita da linha limite, deformações por colapso são esperadas mesmo sob baixas tensões. Este critério foi desenvolvido com base na experiência do *Bureau of Reclamation*, considerando os solos classificados como ML, CL, ML-CL, SM e MH, submetidos a cargas dentro de uma faixa aplicável para pequenas barragens (USBR, 1998). No mesmo relatório, Gibbs (1961) propôs um método alternativo para solos finos que foi baseado no peso específico seco *in situ* e no limite de liquidez, como esboçado na Figura 2(b) retirado de Gibbs e Bara (1967). Este método, conhecido como método de Gibbs e Bara, baseia-se na suposição de que a densidade seca *in situ* do solo colapsível é tão baixa que o volume de vazios é maior do que o necessário para manter o volume de água necessária para atingir o limite de liquidez (caso I da Figura 2(b)). A saturação resultaria em uma umidade maior que o limite de liquidez e o potencial de colapso seria alto. Nesse caso, se o colapso não ocorresse, o solo estaria em uma condição muito sensível (KNODEL, 1981). Se o volume de vazios for menor do que o necessário para manter a umidade no limite de liquidez (Caso III), o solo na saturação permanecerá no estado plástico e terá maior resistência à deformação por umedecimento e somente se estabelecerá como resultado normal de carregamento. O uso extenso e bem sucedido deste método é mostrado em Gibbs e Bara (1967) e Knodel (1981).

Apesar da aplicação bem sucedida do método de Gibbs e Bara, reconhece-se que ele não é capaz de identificar solos pouco plásticos e, em alguns casos, não consegue identificar alguns solos colapsíveis (VILAR; RODRIGUES, 2015).

Vilar e Rodrigues (2015), com base nas limitações do método de Gibbs e Bara e nas características físicas dos solos colapsíveis relatados na literatura, propõem um critério para identificação desses solos. Os autores recuperaram as propostas

de Gibbs (1961) e de Mello (1973) e atualizaram os métodos com dados de solos colapsíveis de várias partes do mundo. Para definir a condição crítica do colapso, os autores assumiram que a densidade do solo é fundamental, pois, para que esse tipo de deformação ocorra, os solos devem ser suficientemente porosos para poderem entrar em colapso quando suas ligações interpartículas são enfraquecidas pelo umedecimento ou diminuição de sucção no solo.

O método proposto leva em consideração a grau de compactação natural (GC_n) que relaciona a massa específica seca *in situ* (ρ_d) com a massa específica seca máxima (ρ_{dmax}) do solo, conforme determinada em ensaio de compactação Proctor Normal. O método também considera o desvio de umidade (Δw) que trata da diferença entre a umidade do solo *in situ* (w) e a umidade ótima (w_{ot}).

Na Figura 3 é apresentado o gráfico de grau de compactação natural e desvio de umidade para os diversos solos naturais colapsíveis e não colapsíveis testados por Vilar e Rodrigues (2015).

Observando a Figura 3 verifica-se que a grande maioria dos solos colapsíveis é de baixa densidade seca e de baixa umidade, confirmando a hipótese incorporada por Vilar e Rodrigues (2015) de que os solos colapsíveis podem ser considerados como sendo materiais naturalmente pouco compactados e com deficiência de umidade.

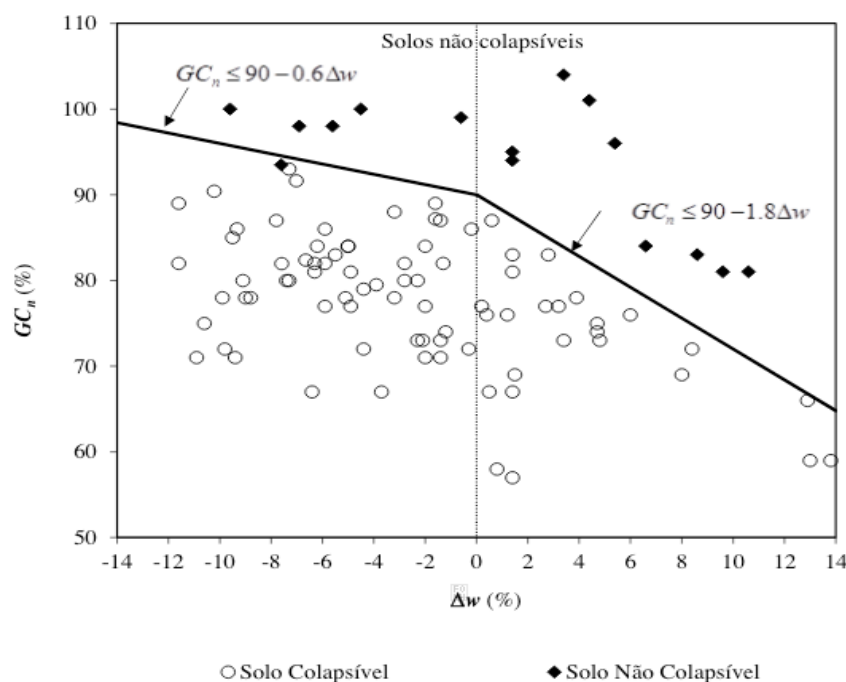


Figura 3: Grau de compactação natural GC_n versus desvio de umidade (Δw) de solo colapsíveis e não colapsíveis (VILAR; RODRIGUES, 2015).

Por fim, é importante ressaltar que os métodos expeditos de identificação de solos colapsíveis são úteis nas etapas iniciais de investigação para apoiar e orientar a investigação, mas não para substituir as técnicas de investigação mais elaboradas, que apoiarão o projetista na escolha da solução para o problema em análise. É importante considerar que o colapso depende da umidade do solo. Embora os solos

devam primeiro estar em uma condição crítica de baixa densidade para que ocorra o colapso, a umidade ou a sucção existente também deve ser considerada uma parte importante na análise.

Na grande maioria dos estudos laboratoriais acerca desses solos recorre-se à realização de ensaios edométricos que podem ser feitos de duas maneiras. Os ensaios edométricos simples correspondem aos ensaios que são inundados em um determinado estágio de carga e os ensaios edométricos duplos correspondem aos ensaios gêmeos, em que dois corpos de prova, um na umidade de campo e outro previamente inundado, são ensaiados e comparados (JENNINGS; KNIGHT, 1975). O colapso pode ocorrer após o umedecimento para uma ampla faixa de tensões aplicadas. A variação da magnitude do colapso com a tensão aplicada pode ocorrer de duas maneiras: à medida que a tensão aplicada é aumentada, a deformação por colapso experimentada pelo solo atinge um máximo e depois diminui para um valor insignificante; a deformação por colapso é crescente à medida que a tensão aplicada aumentada.

Na Figura 4 são ilustrados resultados típicos de colapso do solo usando ambas as opções de ensaio, simples e duplo. O solo ensaiado é o solo colapsível da cidade de Pereira Barreto (Vilar e Rodrigues, 2011). Da Figura 3(a) pode-se observar a influência da tensão na magnitude do colapso do solo e na Figura 3(b) a diferença entre os corpos de prova saturado e não saturado, atribuída a colapsibilidade do solo.

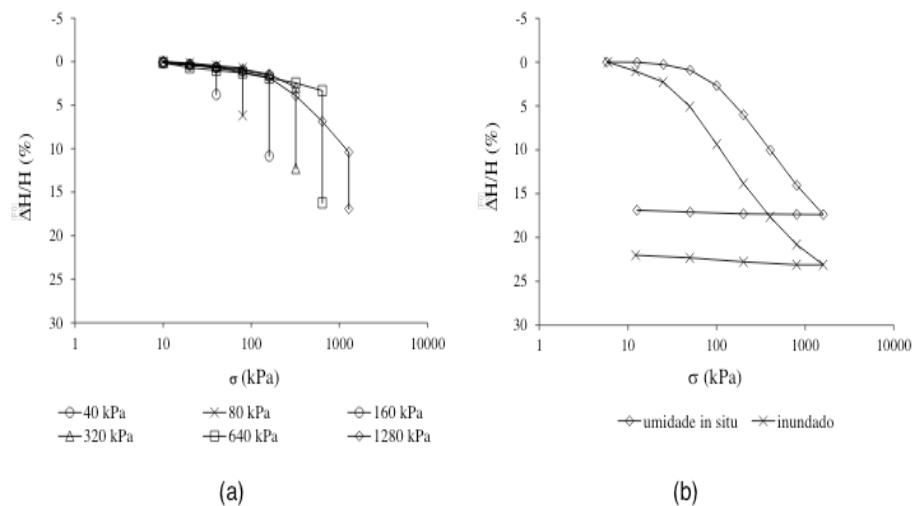


Figura 1: Resultados de ensaios edométricos do solo de Pereira Barreto: (a) ensaios edométricos simples; (b) ensaio edométrico duplo (VILAR; RODRIGUES, 2011).

Atualmente, opções mais modernas desses ensaios com a possibilidade de controle da sucção estão disponíveis, as quais permitem uma descrição mais detalhada da ocorrência do colapso. A sucção tem sido reconhecida como uma variável fundamental que governa o comportamento mecânico dos solos não saturados (ALONSO; GENS; JOSA, 1990; ESCARIO; SAEZ, 1973; FREDLUND; MORGENTERN, 1977). Neste caso particular, portanto, é de se reconhecer o significativo avanço que o

controle de sucção tem proporcionado recentemente ao entendimento dos solos não saturados (CHIU; NG; SHEN, 1998; FUTAI, et al., 1999; MACHADO, 1998; SAAB, 2016; SOARES, 2018; SOTO, 2004; SURIOL; GENS; ALONSO, 1998; VILAR; 1995; dentre outros).

3 | ENSAIO COM SUCÇÃO CONTROLADA PARA ESTUDO DO COLAPSIBILIDADE DO SOLO

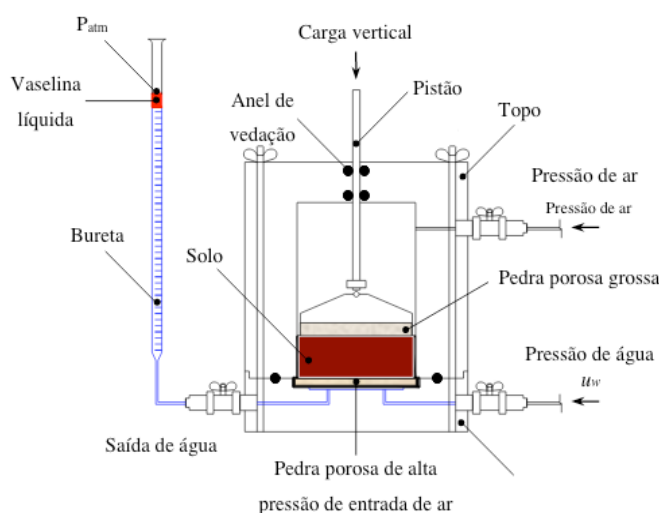
O solo estudado é uma areia argilosa marrom avermelhada da cidade de Bauru composta por cerca de 80% de areia, 5% de silte e 15% de argila, massa específica dos sólidos de $2,65 \text{ g/cm}^3$, massa específica seca de $1,50 \text{ g/cm}^3$ e porosidade acima 40%. A área ocupada pela cidade pertence à Bacia Sedimentar do Paraná e está inserida no Planalto Arenítico-Basáltico do Estado de São Paulo, Brasil, Planalto Ocidental, onde predomina rochas do Grupo Bauru.

Com o propósito de estudar o efeito da sucção na variação volumétrica e na colapsibilidade do solo foram utilizadas câmaras edométricas que permitem o controle da sucção pela técnica de translação de eixos de Hilf (1956).

Estas câmaras têm diâmetro interno de 80 mm e a entrada de ar ocorre por um orifício na parte superior do edômetro. A pedra porosa, fixada na base da câmara, tem pressão de entrada de ar de 5 bar. O sistema hidráulico se conecta ao lado inferior da placa porosa e permite a saída de água do corpo de prova, através de um orifício lateral. Para a aplicação das cargas, há um pistão na parte superior da câmara.

Corpos de prova de solo moldados com 70 mm de diâmetro e 20 mm de altura moldados a partir de amostras coletadas a 1 e 3 m de profundidade foram ensaiados com sucção constante ao longo de todo o ensaio. Após o equilíbrio da sucção imposta, incrementos de carga foram aplicados, onde o estágio de carga atual foi o dobro do correspondente estágio anterior.

A Figura 4 ilustra detalhes do equipamento.



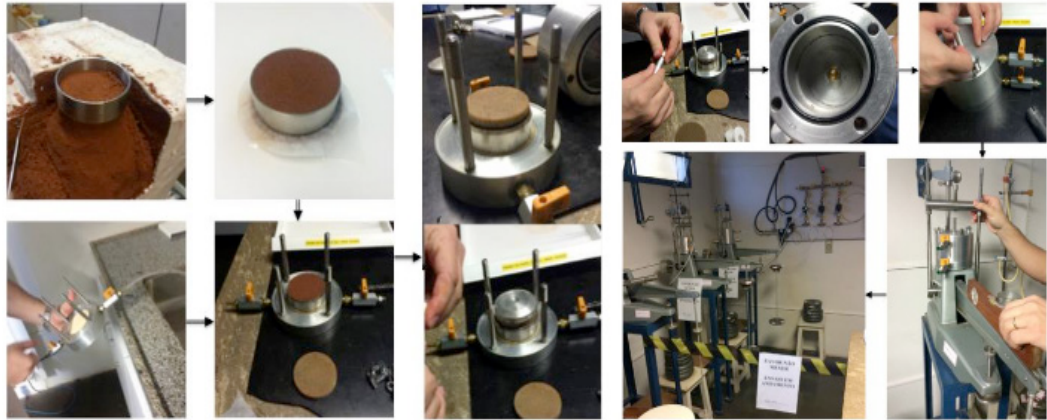


Figura 4: Esquema do ensaio edométrico com controle de sucção (Rodrigues, 2007; Saab, 2016).

4 | RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os resultados dos ensaios edométricos e os potenciais de colapso (PC) com a tensão de inundação. Os potenciais de colapso foram determinados por meio da equação de Jennings e Knight (1975). Para isso, a diferença entre curvas dos ensaios com solos não saturados e à curva do ensaio saturado foi considerada:

$$PC = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \cdot 100\%$$

Em que, Δe é a variação do índice de vazios; e_o é o índice de vazios inicial do corpo de prova.

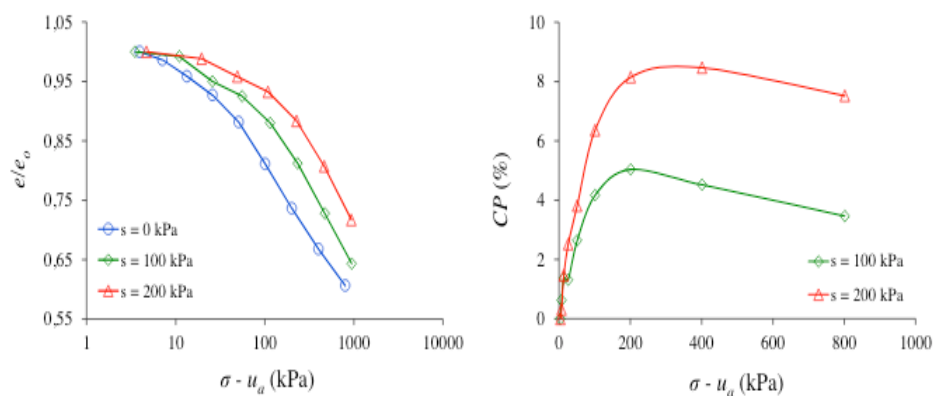


Figura 5: Curvas de compressão edométrica dos ensaios realizados com o solo a 1 m de profundidade.

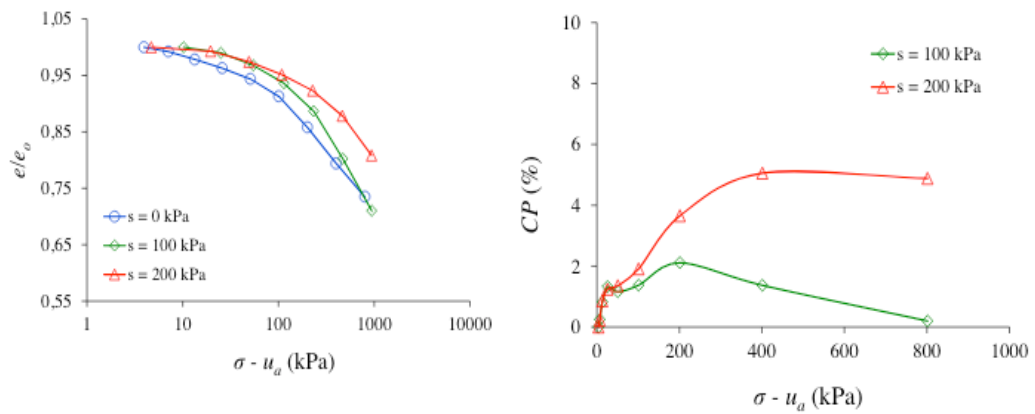


Figura 6: Curvas de compressão edométrica dos ensaios realizados com o solo a 3 m de profundidade.

Os resultados apresentados nas Figuras 5 e 6 mostram que a sucção influencia a variação volumétrica do solo. O aumento da sucção no solo provoca o aumento da tensão de cedência, assim como mudanças na inclinação da reta virgem, reduzindo a variação volumétrica do solo sob carregamento. Quanto maior a sucção, mais rígido e menos deformável o solo se torna.

Os potenciais de colapso variam em função da tensão vertical e da sucção inicial do solo atingindo os valores máximos entre 200 e 400 kPa. Nas sucções mais elevadas, o solo encontra-se mais seco e, por esta razão, mais rígido. Quando o colapso ocorre pelo umedecimento os potenciais de colapso são maiores para os solos que possuem valores de sucção inicial mais elevados.

Em relação à profundidade nota-se que quanto mais próximo da superfície do terreno, maior é a colapsibilidade do solo para a faixa de tensão utilizada nos carregamentos. Na superfície do terreno, onde o solo interage com a atmosfera, o processo de intemperismo é mais intenso, uma vez que o solo está mais suscetível aos ciclos de umedecimento e secagem e às variações de temperatura e radiação solar. Além disso, o solo está sob equilíbrio de seu peso próprio com tensões *in situ* menores. Tais fatores favorecem a formação de solos mais colapsíveis na superfície do terreno, com diminuição da colapsibilidade ao longo da profundidade.

Em geral, a variação da umidade ou da sucção pode causar problemas geotécnicos em fundações, principalmente quando essas estão diretamente apoiadas nas camadas mais superficiais do solo. Nestes solos a capacidade de carga diminuí com o umedecimento do solo. Deste modo, fundações diretas como sapatas, em princípio, devem ser evitadas nesses solos, a não ser que sejam realizados estudos mais detalhados, considerando-se as tensões a serem aplicadas pelas fundações e a possibilidade de proteção deste solo quanto ao umedecimento. Fundações profundas são alternativas mais seguras para minimizar o efeito das deformações por colapso caso o solo seja inundado.

5 | CONCLUSÃO

O comportamento colapsível de um solo arenoso foi estudado ao longo da profundidade. A partir dos resultados experimentais apresentados, pode-se dizer que a sucção influencia a variação volumétrica e o colapso do solo. A sucção provoca o aumento da tensão de cedência, assim como mudanças na inclinação da reta virgem, reduzindo a variação volumétrica do solo sob carregamento. Além disso, a sucção inicial das amostras influencia a magnitude das deformações por colapso. Quanto maior a sucção no solo e quanto mais próximo da superfície do terreno, maior é a deformabilidade do solo e maior a sua colapsibilidade para a faixa de tensão utilizada nos carregamentos.

6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio fornecido na forma de bolsa de iniciação científica (Processo 2015/18960-6) e auxílio à pesquisa (Processo 2011/09031-0).

REFERÊNCIAS

- ALONSO, E. E.; GENS, A.; HIGHT, D.W. **Special problem soils. General Report** (session 5), In: European Conference on Soil Mechanics and Foundation, 9, Dublin. Proceeding. Rotterdam, A. A. Balkema. 1987. p. 5.1-5.60.
- ALONSO, E. E.; GENS, A.; JOSA, A. **A constitutive model for partially saturated soils.** Géotechnique, 40, n. 3, p. 405-430, 1990.
- BOOTH, A. R. **The factors influencing collapse settlement in compacted soils.** Sixth Regional Conference for Africa Soil Mechanics & Foundation Engineering. Anais...Durban, South Africa: 1975.
- CHIU, C. F.; NG, C. W. W.; SHEN, C. K. **Collapse behavior of loosely compacted virgin and non-virgin fills in Hong Kong.** In: Proc. 2nd Int. Conf. Unsaturated soils. 1998. p. 25-30.
- CLEMENCE, S. P.; FINBARR, A. O. **Design considerations for collapsible soils.** Journal Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol. 107 (3). 1981.
- COLLINS, K. t; MCGOWN, A. **The form and function of microfabric features in a variety of natural soils.** Geotechnique, v. 24, n. 2, p. 223-254, 1974.
- DENISOV, N. Y. **The engineering properties of Loess and Loess Loams.** Gosstroirzdat, Moscow, 1951, p. 136 (em russo) apud FEDDA, J. (1966).
- DE MELLO, V.F.B. **Notas de Aula de Mecânica dos Solos.** EP-USP, Universidade de São Paulo, 1973.
- DUDLEY, J.H. **Review of Collapsing Soils.** Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, v. 96, n. SM3, p. 925-947, 1970.
- ESCARIO, V.; SAEZ, J. **Gradual collapse of soils originated by a suction decrease.** In: Proceedings of the 8th International Conference on Soils Mechanics and Foundation Engineering,

Moscow. 1973. p. 6-11.

FEDA, Jaroslav. **Structural stability of subsident loess soil from Praha-Dejvice**. Engineering Geology, v. 1, n. 3, p. 201-219, 1966.

FERREIRA, S. R. M. **Variações de Volume em Solos não Saturados Colapsíveis e Expansivos**. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. 1993. p. 283-296.

FREDLUND, D. G.; MORGENSTERN, N. R. **Stress state variables for unsaturated soils**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, v. 103, n. ASCE 12919, 1977.

FUTAI, M.M.; ALMEIDA, M. S. S.; FILHO, F. C. S.; CONCIANI, W. **Experimental and theoretical evaluation of the maximum collapse**. In: XI Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Foz do Iguaçu, 1999. Anais... v.1, p. 267-274.

GIBBS, H.J. **Properties Which Divide Loose and Dense Uncemented Soils**. Bureau of Reclamation Report No, EM-608, 1961, Denver, CO (apud USBR, 1998).

GIBBS, H. J.; BARA, J. P. **Stability problems of collapsing soil**. Journal of Soil Mechanics & Foundations Div, vol. 93, n. SM4, 1967, p. 577-594.

HILF, J. W. **An investigation of pore-water pressure in compacted cohesive soils**. Denver, 109 p. 1956. (Doutorado – Faculty of Graduate School of the University of Colorado).

HOUSTON, S.L.; HOUSTON, W.N.; SPADOLA, D.J. **Prediction of field collapse of soils due to wetting**. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 114(1): 40-58, 1988.

JENNINGS, J. E.; KNIGHT, K. **A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to “collapse” of grain structure**. Reg. Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Anais...Durban: 1975.

KNODEL, P.C. **Construction of large canal on collapsing soils**. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 107(GT1):79-94, 1981.

MACHADO, S. L. **Aplicação de conceitos de elastoplasticidade a solos não saturados**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

NUÑES, E. **Suelos especiales: colapsibles, expansivos, preconsolidados por desecación**. In: Congreso Panamericano de Mecánica dos suelos e ingeniería de Fundaciones, 5, Buenos Aires. Proceedings, vol. 4, Sessão II, p. 43-73. 1975

REGINATTO, A.R; FERRERO, J.C. **Collapse potential of soils ans soil-water chemistry**. In: International Conference on Soil Mechanics and Fondation Engineering, 8, Moscow, Proceedings, Moscow, v. 2.2, p. 177-183, 1973.

RODRIGUES, R. A. **Modelação das deformações por colapso devidas à ascensão de lençol freático**. Dissertação de Doutorado, USP, São Carlos- SP, 2007.

SAAB, A. L. **Influência da sucção nos parâmetros de compressibilidade de um solo não saturado**. Dissertação de mestrado. Bauru - SP. FEB-UNESP. 2016. 125 f.

SOARES, F. V. P. **Previsão de recalques por colapso de sapatas assentes em solo natural e compactado**. Dissertação de mestrado. Bauru - SP. FEB-UNESP. 2018. 170 f.

SOTO, M. A. A. **Comparação entre Métodos de Imposição e de Controle de Sucção em Ensaios com Solos não Saturados**. Tese de doutorado. São Carlos - SP. EESC/USP, 2004.

SULTAN, H.A. **Some Engineering Aspects of Collapsing Soils**. The University of Arizona, Tucson, 35 p. 1971.

SURIOL J., GENS A.; ALONSO, E. E. **Behavior of compacted soils in suction-controlled oedometer**. Proc. 2nd International Conference on Unsaturated Soils. Beijing: International Academic Publishers, p. 438–443. 1998.

USBR. **Earth Manual**, Part 1. 3rd ed. Bureau of Reclamation, Denver. 1998.

VILAR, O. M. **Suction controlled oedometer tests on a compacted clay**. In: Proceedings of the first international conference on unsaturated soils/UNSAT'95. Paris, France. Setembro, 1995. Vol.1. 1995.

VILAR, O. M.; GAIOTO, N. **Comportamento colapsível de um solo laterítico compactado**. In: Simpósio Brasileiro de Solos não Saturados, 2, Recife, Anais..., Recife, p. 185-190. 1994.

VILAR, O. M.; RODRIGUES, R. A. **Collapse behavior of soil in a Brazilian region affected by a rising water table**. Canadian Geotechnical Journal (Online), v. 48, p. 226-233, 2011.

VILAR, O. M.; RODRIGUES, R. A. **Revisiting classical methods to identify collapsible soils**. Soils & Rocks, v. 38(3), p. 265-278, 2015.

VILAR, O. M., RODRIGUES, J. E.; NOGUEIRA, J. B. **Solos colapsíveis: um problema para a engenharia de solos tropicais**. In: Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia, 1, Rio de Janeiro, Anais..., Rio de Janeiro, v. 1, p. 209-224, 1981.

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Milagros Alvarez Sanz

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – Rio Grande do Norte

Yuri Daniel Jatobá Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – Rio Grande do Norte

Carina Maia Lins Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – Rio Grande do Norte

Gracianne Maria Azevedo do Patrocínio

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – Rio Grande do Norte

RESUMO: Comparativamente ao método de abertura de vala, os métodos não destrutivos (MND) de instalação de dutos reduzem ou eliminam a necessidade de escavação na superfície; preservam a integridade do pavimento e diminuem a interferência no tráfego e em atividades locais e comerciais. No passado, os MND eram limitados e muitas vezes considerados caros. O presente artigo expõe os resultados obtidos através de um comparativo de custos diretos de execução de doze obras localizadas no estado do Rio Grande do Norte, avaliando se o método de abertura de vala e reaterro apresenta vantagens econômicas em relação ao método não destrutivo por perfuração direcional horizontal. Baseado nos

resultados obtidos, pode-se concluir que em apenas uma das obras analisadas a técnica de perfuração direcional horizontal se mostrou 9% mais barata que o método tradicional. O método não destrutivo analisado apresentou custo financeiro 41% superior, em média, para a grande maioria das obras avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Método de abertura de vala; Métodos não destrutivos; Perfuração direcional horizontal; Comparativo de custos.

ABSTRACT: Compared to cut-and-cover, trenchless methods for installation, maintenance and substitution of underground pipelines reduce or eliminate the need for surface excavation. They preserve pavement integrity and reduce disruptions in traffic and local and commercial activities. This article presents comparison between direct costs of installation of pipelines with cut-and-cover and horizontal directional drilling techniques. Twelve construction cases located in the state of Rio Grande do Norte, Brazil, were evaluated. Based on the results, it was noted that just one of the cases analyzed showed that horizontal directional drilling was 9% cheaper than the traditional method. The horizontal directional drilling revealed an average estimated cost 41% above the cut-and-cover method, for the majority of sites evaluated.

KEYWORDS: Cut-and-cover; Trenchless methods; Horizontal directional drilling; Cost

evaluation.

1 | INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, as obras de infraestrutura urbana subterrâneas são instaladas utilizando o método de abertura de vala (MAV). Nos grandes centros urbanos, com áreas intensamente edificadas e grande fluxo de veículos, a execução desse tipo de obras gera impactos sociais, econômicos e ambientais de grande magnitude. Pode-se citar a deterioração prematura do pavimento, com consequentes efeitos prejudiciais na infraestrutura de transporte público e custos à sociedade em geral (DEZOTTI, 2008).

Em vista disso, a demanda por métodos que minimizam a interferência na vida cotidiana é cada vez maior. No passado, esses métodos eram limitados e muitas vezes considerados caros. No entanto, os últimos desenvolvimentos em métodos e equipamentos de tecnologia não destrutiva e o aumento da concorrência diminuíram o custo total de construção associado à instalação e renovação de elementos subterrâneos por métodos não destrutivos (MND) em comparação com o método tradicional (GANGAVARAPU et al. 2013)

O emprego de MND é de suma importância para a execução de travessias com interferências que exijam reajuste da direção. A perfuração direcional revolucionou indústrias de instalação sob a superfície e passou a ser utilizada por companhias de serviços públicos responsáveis pela execução de redes de distribuição de água, gás, telecomunicações, dentre outros, pelas vantagens que o método apresenta (CORAL et al., 2015).

Em muitos casos, os custos diretos de construção são equivalentes nos dois métodos (DEZOTTI, 2008; CORAL et al., 2015). No entanto, as vantagens dos MND são evidentes, dentre elas: precisão na execução; redução dos custos sociais, dos impactos econômicos e ambientais e requerem menos espaço subterrâneo.

Para determinar o melhor método a ser executado, deve-se observar algumas características de projeto, como o comprimento da rede, tipo de solo trabalhado, prazo de execução, interferências, custos, dentre outros. Além disso, o projeto de construção de um duto com o melhor custo-benefício requer uma compreensão clara de todos os fatores associados a suas condições específicas.

O presente artigo apresenta um comparativo entre o método tradicional de abertura de vala e o método não destrutivo, especificamente o de perfuração direcional (HDD). Foram analisadas 12 obras localizadas no estado do Rio Grande do Norte para verificar se o MAV apresenta vantagens econômicas em relação ao HDD.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Métodos construtivos

Para a instalação, recuperação, reparo e substituição de infraestruturas subterrâneas deve-se optar dentre os diversos métodos disponíveis. Segundo Dezotti (2008), a seleção do método depende das seguintes condições específicas de cada projeto, dentre as quais: a) características do solo ao longo do traçado; b) diâmetro da tubulação; c) comprimento máximo da tubulação; d) precisão requerida; e) prazo de execução e f) disponibilidade local do método construtivo.

Os dutos enterrados podem ser classificados, segundo a sua instalação ou recuperação, em dois grupos: aqueles instalados por abertura de vala ou métodos tradicionais e aqueles instalados por métodos não destrutivos (MND). A seguir, esses métodos são descritos sucintamente.

2.2 Método de Abertura de Vala

Também denominado de método tradicional ou corte e aterro (*cut and cover*, em inglês), em decorrência da sequência construtiva, a execução do método de abertura de vala (MAV) consiste na escavação de uma trincheira no terreno, implantação do duto e reaterro com compactação da vala (BUENO e COSTA, 2012). Dessa forma, este método implica escavações ao longo da extensão longitudinal da rede proposta, sendo necessário realizar, na maioria das vezes, recomposição do piso ou pavimento após a instalação (NAJAFI, 2017).

Segundo a NBR 12266/92 (ABNT, 1992), a qual fixa as condições exigíveis para projeto e execução de valas para assentamentos de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana, devem ser consideradas fundamentalmente as seguintes fases para o assentamento das tubulações: sinalização; remoção do pavimento; escavação; escoramento; esgotamento; preparo do fundo de vala e assentamento; reaterro e adensamento; remoção do escoramento; recomposição da pavimentação.

Embora seja considerado um método confiável, o MAV pode ter custo associado elevado, principalmente em áreas urbanas congestionadas. Isso ocorre, geralmente, pela necessidade de restaurar as superfícies e executar o assentamento do solo. Além disso, os operários devem escavar cuidadosamente enquanto manobram outros serviços para alcançar a profundidade requerida, o que diminui a produtividade e eficiência (ARIARATNAM et al., 1999). Por esses motivos este método de instalação e recuperação tem sido desencorajado em centros urbanos (DEZOTTI, 2008), apesar de ser o mais utilizado no Brasil.

2.2.1 Métodos Não Destrutivos

De acordo com a Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva (ABRATT, 2017), os Métodos Não Destrutivos (MND) são o conjunto de métodos, materiais e equipamentos que podem ser aplicados na instalação, reparação e substituição de tubos, dutos e cabos subterrâneos, aplicando técnicas que reduzem ou eliminam a necessidade de escavação. Podem ser divididos em três grandes grupos: a) reparo e reforma; b) substituição por ruptura *in loco* pelo mesmo caminhamento e c) instalação de novas redes. Neste último está incluída a perfuração direcional horizontal (Horizontal Directional Drilling, HDD, em inglês).

Os MND podem ser usados na instalação, recuperação e substituição de redes subterrâneas com diversas finalidades, dentre elas a transmissão e distribuição de energia elétrica; telecomunicações; distribuição de água e de derivados de petróleo e gás; tubulações de esgoto; travessias de avenidas em geral; sistemas de drenagem de subsolo, dentre outros (MASSARA et al., 2007).

A expansão das tecnologias não destrutivas se justifica pelos muitos benefícios destas. Primeiramente, conforme elas se desenvolvem, se tornam mais sofisticadas, com melhor custo benefício. Adicionalmente, as empresas e a opinião pública vão mudando, fazendo com que se torne fundamental considerar os custos sociais envolvidos nos projetos construtivos. A crescente conscientização sobre a relevância dos custos sociais e a demanda de novas abordagens para resolver problemas de infraestrutura incentiva a utilização de métodos não destrutivos (ARIARATNAM et al., 1999).

Segundo Dezotti (2008), os métodos não destrutivos apresentam as seguintes vantagens: (i) reduzem a perturbação no tráfego, áreas de trabalho e áreas congestionadas; (ii) reduzem problemas de direção e controle associado com novas rotas, uma vez que possibilitam o uso de caminhos predeterminados providos pela tubulação existente; (iii) requerem menos espaço subterrâneo, minimizando a possibilidade de interferir em tubulações existentes e abandonadas; (iv) viabilizam o aumento do diâmetro da tubulação sem abertura de trincheira; (v) demandam uma área de trabalho menos exposta e, por conseguinte, oferecem maior segurança para os trabalhadores locais e usuários da via; (vi) eliminam a necessidade de remoção de despejo e minimizam os danos ao pavimento e a outras unidades; (vii) reduzem os impactos sociais, econômicos e ambientais.

No Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Norte, frequentemente utiliza-se o método de perfuração direcional para a implantação de novos dutos.

2.1.2.1 Perfuração Direcional

O método de perfuração direcional horizontal é uma operação de duas etapas, na maioria das vezes. Com o auxílio de uma máquina de perfuração, inicialmente

executa-se um furo piloto ao longo do percurso previsto com diâmetro variando entre 25 e 125 mm.

Em seguida, esse furo é alargado no sentido inverso para acomodar a tubulação final, a qual é puxada simultaneamente pelo alargador ao qual está presa. No entanto, em algumas condições adversas de solo, a etapa do alargamento pode ser subdividida, aumentando o diâmetro do furo gradativamente (NAJAFI, 2017).

As máquinas de perfuração direcional podem ser de lançamento na superfície ou de lançamento em poço. As primeiras, embora não exijam poço de entrada, ainda implicam a necessidade de realizar escavações para execução das conexões em cada extremidade. Já as de lançamento em poço solicitam uma escavação nas extremidades, mas operaram satisfatoriamente em espaços confinados. Estas são geralmente utilizadas em perfurações praticamente retas, mas apresentam maiores limitações para contornar obstáculos (ABRATT, 2017)

Além disso, a maioria das máquinas utiliza uma cabeça com alimentação de fluido de perfuração. Em geral utiliza-se uma mistura de água e bentonita, cuja finalidade é transportar os resíduos em suspensão e estabilizar o furo piloto uma vez completa a perfuração. Ademais, o método tem a capacidade especial de rastrear a cabeça de corte e guia-la durante o processo de perfuração, permitindo contornar obstáculos, passar sob rodovias, rios e ferrovias (ABRATT, 2017)

A tubulação final é, na maioria das vezes, de polietileno de alta densidade (PEAD) ou aço, uma vez que o método solicita um tubo suficientemente flexível que resista às cargas e tensões que surgem durante a instalação e operação. Segundo Abraham et al. (2002) e Dezotti (2008), o furo piloto deve possuir um raio de curvatura mínimo usual, em metros (m), na ordem de 1,2 vezes o diâmetro do tubo em milímetros (mm), para tubos de aço, e 0,48 vezes para tubos plásticos. A Tabela 1 apresenta a relação recomendada entre o diâmetro do tubo e o diâmetro de alargamento.

Diâmetro do tubo (mm)	Diâmetro de alargamento (mm)
< 200	Diâmetro do tubo + 100 mm
200 a 600	Diâmetro do tubo x 1,5
> 600	Diâmetro do tubo + 300 mm

Tabela 1 – Relação recomendada entre o diâmetro do tubo e o diâmetro de alargamento

Fonte: Dezotti, 2018

Até pouco tempo atrás, usava-se a perfuração direcional principalmente para a instalação de redes pressurizadas. No entanto, os avanços das máquinas e dos sistemas de guia mais recentes proporcionam grande precisão, fazendo com que o método passe também a ser utilizado em redes por gravidade, nas quais há tolerâncias rígidas de projeto hidráulico a serem atendidas (ABRATT, 2017).

2.3 Custos em uma obra de duto enterrado

Segundo Najafi e Kim (2004), o projeto de construção de um duto com o melhor custo-benefício requer uma compreensão clara de todos os fatores associados às suas condições específicas. O projetista deve considerar todas as categorias de custo no orçamento, as quais incluem custos de planejamento e engenharia (também denominados custos de pré-construção), custos de construção (diretos, indiretos e sociais) e custos pós-construção (também chamados custos de operação e manutenção). Apesar disso, tradicionalmente avaliam-se apenas os custos de pré-construção e construção, desconsiderando os custos sociais do projeto.

Os custos diretos são aqueles ligados diretamente à construção física do projeto; incluem os custos de mão de obra, materiais, subcontratados e equipamentos envolvidos na construção da obra. Por outro lado, os custos indiretos englobam todos os custos não diretamente relacionados ou aplicados às operações de construção, mas auxiliares à execução da obra. São exemplos destes últimos os custos com administração e custos gerais de serviço, como taxas, mobilização de equipamentos, controle de tráfego, seguro, utilidades temporárias, dentre outros (DEZOTTI, 2008).

De acordo com Najafi e Kim (2004), todos os fatores que compõem os custos pré-construção são maiores no método de abertura de vala quando comparado aos métodos não destrutivos, com exceção apenas da fase de engenharia e projeto.

Para os custos de construção, Najafi e Kim (2004) encontraram que, dentro dos custos diretos, todos os fatores de custos eram maiores no MAV do que nos MND, com exceção dos equipamentos utilizados. O custo com material geralmente é superior no MND devido às exigências técnicas dos métodos quanto à qualidade de tubos utilizados. Além disso, como dito pelo mesmo autor, em alguns métodos e condições, pode-se concluir que os custos de obra aumentam conforme o diâmetro aumenta. No entanto, no HDD o aumento de custo devido ao tamanho do tubo se deve ao maior nível de complexidade e dificuldade de instalar a tubulação.

Segundo Najafi (2017), em alguns casos, atividades como desvio de trânsito, escavação, escoramento, reaterro e compactação representam cerca de 70% do custo total de um projeto. Portanto, na maioria das vezes o MAV não é o método com a melhor relação custo-benefício, pois possui as desvantagens de causar interrupção do tráfego, danos ao pavimento e sistemas subterrâneos adjacentes, interferindo em outras infraestruturas urbanas. Em vista disso, obras com custos diretos baixos podem se tornar inviáveis em consequência dos altos custos sociais envolvidos na execução (DEZOTTI, 2008).

Woodroffe et al. (2008) citam que, tradicionalmente, existe uma relação direta entre o custo e a profundidade do tubo instalado, para a maioria dos projetos subterrâneos com abertura de vala. Isso resulta em projetos com MAV incluindo a instalação de tubos tão rasos quanto economicamente possível. Hoje, no entanto, a experiência mostra que nos projetos de HDD há pouca relação entre custo e profundidade.

Os custos indiretos, ainda dentro da categoria de custos de construção, podem chegar a 15%, ou mais, dos custos diretos de um projeto. Apesar de serem difíceis de quantificar, de forma geral, aumentam proporcionalmente ao tempo de execução da obra. Como os MND's possuem maior produtividade e menor desperdício, normalmente duram menos tempo para serem executados do que os métodos tradicionais. Portanto, nesses casos, os custos indiretos são menores.

Os custos sociais, que também fazem parte dos custos de construção, vêm ganhando cada vez mais relevância à medida que aumenta a conscientização pública e a necessidade de conservar e proteger o meio ambiente e a qualidade de vida. É imprescindível identificar e avaliar os custos sociais das instalações de serviços de infraestrutura. De acordo com Gangavarapu et al. (2013) e Dezotti (2008), os custos sociais incluem o dano à rodovia e pavimento (redução da vida útil); danos a infraestruturas adjacentes; ruído e vibração; poluição do ar; perturbação do tráfego veicular; segurança dos pedestres; perda comercial; danos às estradas utilizadas como desvio; insatisfação de cidadãos e impactos ambientais.

Utilizar métodos não destrutivos geralmente pode minimizar os custos sociais. Quando são avaliados e incluídos nos custos globais dos projetos, percebe-se que o uso de tecnologias não destrutivas torna os projetos mais econômicos. Segundo Woodroffe et al. (2008), conforme citado por Najafi (2005), no MAV os custos sociais podem chegar a valores várias vezes maiores do que o valor do projeto inteiro; no entanto, quando usado um MND, os custos sociais podem representar apenas 3 a 10% do custo total.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento de obras construídas utilizando-se a técnica de perfuração direcional horizontal (HDD) na Região Metropolitana de Natal e em outros locais do estado do Rio Grande do Norte. Em seguida, realizou-se uma comparação de custos entre a técnica HDD e o MAV, para condições similares, em cada caso estudado. Ou seja, para efeito de comparação entre os dois métodos, os mesmos trechos executados por furo direcional foram dimensionados considerando-se o MAV, utilizando-se as mesmas características de instalação (diâmetro da tubulação, extensão, profundidade e finalidade) para o levantamento dos custos.

Três obras no interior do estado foram escolhidas, sendo elas localizadas nas cidades de Currais Novos, Pipa e na BR-110, no trecho que interliga Areia Branca e Mossoró. Além dessas, foram selecionadas nove obras localizadas em Natal. A Tabela 2 apresenta as características das obras avaliadas.

Sabendo-se que os custos diretos de construção são os mais avaliados durante os projetos e que o MND é mais vantajoso quando analisados os outros custos já abordados, neste trabalho optou-se por realizar um comparativo dos custos diretos de construção para verificar se o MAV apresenta vantagens econômicas em relação ao

HDD, nesse aspecto.

Para a obtenção dos custos das redes por abertura de vala e reaterro, foram considerados os serviços principais em termos de custo para o MAV, quais sejam, demolição do pavimento, escavação mecanizada de vala, escoramento de valas, reaterro mecanizado, regularização e compactação de subleito e reconstrução do pavimento. Além disso, o tipo de escoramento escolhido foi o de blindagem pesada, ou popularmente denominado escoramento tipo gaiola, por ser amplamente utilizado na prática local.

De acordo com os diâmetros das tubulações, foram consultadas as seguintes normas para determinar a dimensão das valas, optando-se sempre pelo maior valor encontrado: i) NBR 12266 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana; ii) NBR 9814 – Execução de rede de coletora de esgoto sanitário.

LOCAL	TIPO DE TUBO	DIÂMETRO EXTERNO (mm)	EXTENSÃO (m)	PROFUNDIDADE ATÉ A BASE (m)	FINALIDADE
Currais Novos	Aço carbono	600	26	2,5 a 2,8	Aduutora
Pipa	PEAD	400	120	2,8 a 8	Aduutora
Natal	PEAD	315	683	1,8 a 3	Aduutora
BR-110	Aço carbono	300	24	2,8	Aduutora
Natal	Aço carbono	300	24	3 a 5	Aduutora
Natal	PEAD	630	18	2,8	Aduutora
Natal	PEAD	315 e 400	371	1,5	Saneamento
Natal	PEAD	200	24	3,8	Saneamento
Natal	PEAD	400	100	5	Saneamento
Natal	PEAD	150	206	3,8	Saneamento
Natal	PEAD	150	120	2,8 a 3	Saneamento
Natal	PEAD	200	120	4,8 a 5	Saneamento

Tabela 2 – Características das obras avaliadas

Fonte: Autor (2017).

Após consultar as tabelas de preço da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2017) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017), referentes ao mês de agosto e setembro de 2017, respectivamente, se identificaram os valores vigentes dos serviços e insumos avaliados, os quais foram paralelamente quantificados.

Os resultados apresentados a seguir são baseados em planilhas elaboradas com o objetivo de determinar os custos para cada método de construção adotado. As planilhas incluem as características das obras analisadas, as composições de custos diretos para o MAV, os valores unitários estimados para o HDD e o comparativo de custos entre os métodos.

4 | RESULTADOS

4.1 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO: TÉCNICA DE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL

A Tabela 3 a continuação mostra o resumo do levantamento de custos das obras executadas através da Técnica HDD. Os serviços para a execução das redes pelo método não destrutivo por furo direcional horizontal (HDD) são medidos por metro linear, sendo o custo, neste caso, dependente da profundidade de instalação e do tipo de solo. Isso implica dizer que quanto mais profunda e difícil a escavação, mais caro será o metro linear. Neste item estão englobados os tubos, serviços de recebimento, inspeção e armazenamento do PEAD, os serviços de soldagem da coluna, a execução do furo e alargamento com puxamento simultâneo da tubulação.

OBRA	LOCAL	FINALIDADE	VALOR UNITÁRIO ESTIMADO (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)
1	Currais Novos	Adutora	1.800	46.800,00
2	Pipa	Adutora	1.200	144.000,00
3	Natal	Adutora	700	478.100,00
4	BR-110	Adutora	600	14.400,00
5	Natal	Adutora	600	14.400,00
6	Natal	Adutora	1.200	21.600,00
7	Natal	Saneamento	700	259.700,00
8	Natal	Saneamento	700	16.800,00
9	Natal	Saneamento	800	80.000,00
10	Natal	Saneamento	600	123.600,00
11	Natal	Saneamento	600	72.000,00
12	Natal	Saneamento	580	69.600,00

Tabela 3 – Informações e custos sobre obras executadas por furo direcional

Fonte: Autor (2017).

O valor por metro linear estimado das obras varia entre R\$580,00 e R\$1.800,00, sendo o maior custo total estimado em R\$478.100,00, por ter 683 metros de extensão, para uma obra de distribuição de água.

4.2 MÉTODO DESTRUTIVO: TÉCNICA DE ABERTURA DE VALA

Dado o número de obras analisadas, deveriam ser apresentadas doze tabelas de composição de custos. No entanto, como o volume de informações seria extenso, optou-se por apresentar como exemplo o orçamento discriminado da obra 1, localizada no município de Currais Novos, RN. Esse orçamento é composto pelos serviços considerados mais importantes para instalação de redes pelo método destrutivo.

Para a obra 1, como mostrado na Tabela 4, o cálculo dos serviços de execução da rede de distribuição de água pelo método de abertura de vala totalizou R\$13.576,99, para uma rede de 26 metros de extensão. O item 1 corresponde ao serviço de demolição

de pavimentação asfáltica com espessura de até 15 cm, utilizando marteleto perfurador, sendo seu custo igual a R\$376,25. O item 2 engloba a escavação de vala, utilizando escavadeira hidráulica em solo de primeira categoria, em locais com alto nível de interferência, totalizando o valor de R\$1.176,99. O escoramento de valas, item 3, utiliza estruturas de aço do tipo blindagem pesada para valas com profundidade acima de 2 metros, somando R\$3.072,88. O 4º item, reaterro de vala com compactação manual, refere-se ao trecho compactado manualmente até a altura do topo da tubulação, 0,6 metros para o caso da obra 1, totalizando R\$789,70.

MUNICÍPIO: CURRAIS NOVOS/RN						
OBRA 1						
ITEM	SERVIÇOS	UNID.	QNTD.	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)	% DO CUSTO
1	Demolição de pavimentação asfáltica	m ²	37,70	9,98	376,25	3,5
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 até 3,0 m	m ³	105,56	11,15	1.176,99	11,0
3	Escoramento de valas, com prof. acima de 2 m	m ²	145,60	21,10	3.072,88	28,7
4	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	19,85	39,33	780,7	7,3
5	Reaterro mecanizado de vala, prof. de 1,5 a 3 m	m ³	107,82	13,05	1.407,08	13,2
6	Regularização e compactação de subleito	m ²	37,70	1,21	45,62	0,4
7	Construção de pavimento com aplicação de CBUQ	m ³	1,89	682,46	1.286,44	12,0
8	Tubo de concreto armado para águas pluviais DN 600 mm (NBR 8890)	m	26,00	97,87	2.544,62	23,8
TOTAL					R\$ 10.690,54	
APLICAÇÃO DE BDI 27%					R\$ 13.576,99	

Tabela 4 – Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo

Fonte: Autor (2017).

O 5º item constitui o reaterro de vala restante utilizando escavadeira hidráulica, somando R\$1.407,08. Para os itens 4 e 6 foram considerados os serviços de compactação vibratória. O item 7 equivale ao serviço de reconstrução da pavimentação, com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) com espessura de 5 cm, sendo seu custo igual a R\$1.286,44. E, finalmente, o 8º item corresponde à tubulação escolhida para atender ao método e às especificidades da obra, sendo o seu custo igual a R\$2.544,62. As composições de custos realizadas para as outras obras apresentam os mesmos itens considerados acima, variando apenas a profundidade e largura da vala escavada, características atreladas a variações de preço unitário de serviços específicos.

4.3 COMPARATIVO DE CUSTOS

A Tabela 5 apresenta um resumo dos custos totais de construção tanto pelo MAV quanto por HDD, de todas as obras analisadas.

OBRA	FINALIDADE	CUSTO GLOBAL		CUSTO POR METRO LINEAR		HDD/ MAV
		MAV	HDD	MAV	HDD	
1	Adutora	13.576,99	46.800,00	522,19	1.800,00	3,45
2	Adutora	65.659,69	144.000,00	547,16	1.200,00	2,19
3	Adutora	251.894,74	478.100,00	368,81	700,00	1,90
4	Adutora	7.944,16	14.400,00	331,01	600,00	1,81
5	Adutora	9.706,34	14.400,00	404,43	600,00	1,48
6	Adutora	10.601,22	21.600,00	588,96	1.200,00	2,04
7	Saneamento	184.540,29	259.700,00	497,41	700,00	1,41
8	Saneamento	10.812,17	16.800,00	450,51	700,00	1,55
9	Saneamento	87.566,16	80.000,00	875,66	800,00	0,91
10	Saneamento	85.297,56	123.600,00	414,07	600,00	1,45
11	Saneamento	41.785,12	72.000,00	348,21	600,00	1,72
12	Saneamento	63.498,91	69.600,00	529,16	580,00	1,10

Tabela 5 – Comparativo de custos entre os métodos

Fonte: Autor (2017).

5 | DISCUSSÃO

Ao realizar uma análise comparativa de custos diretos de construção entre os métodos, pode-se ver na Tabela 5 que, de uma forma geral, os custos supondo as obras executadas com abertura de vala são inferiores ao custo para execução por furo direcional. No entanto, apenas para a obra 9 o HDD se mostrou 9% mais barato que o MAV, caso que pode ser explicado pela profundidade de assentamento requerida (5 metros), sendo a mais profunda de todas as obras analisadas. Portanto, o MAV vai se tornando menos vantajoso a medida que a profundidade aumenta.

Para as demais obras, de uma forma geral, o MAV é 41% mais econômico que o HDD. Analisando-se as obras separadamente, as diferenças de preço entre os métodos variam até 71%, no caso da obra 1, sendo o MAV mais vantajoso economicamente.

A partir da Tabela 4 pode-se observar que os serviços de recuperação do pavimento compõem uma parcela considerável do custo total, sendo cerca de 12%. Analisando-se apenas o custo da implantação da rede, desconsiderando-se o valor da tubulação, a recuperação da pavimentação chega a representar 23% do valor dos serviços. Portanto, os MND podem se tornar mais atrativos em situações em que há necessidade de se executarem trechos longos. No entanto, o serviço que apresentou maior influência sobre o custo total foi o escoramento de vala, chegando a representar 61% do valor dos serviços, para o caso da obra 2 e, no melhor dos casos, na obra 5, ainda representou 14% do custo total. Além disso, em todas as obras foi a atividade com maior custo.

Najafi (2017) observou que obras com métodos não destrutivos são menos onerosas que obras com abertura de vala. Nestas, segundo o autor, atividades como

escavação, escoramento, reaterro e compactação representam cerca de 70% do custo total de um projeto. Para as obras analisadas neste trabalho, esses serviços representaram, em média, 65% do custo total. Contudo, é preciso destacar que, embora o autor constataste que todos os custos são maiores para execuções por abertura de vala, as diferenças identificadas nos resultados encontrados podem ser atribuídas às particularidades do contexto da pesquisa, que foi realizada nos Estados Unidos.

Apesar do HDD ter apresentado valores de custo direto maiores que o MAV para a maioria dos casos, aquele se apresenta vantajoso se considerados o impacto ambiental reduzido inerente ao método, a pouca interferência nas atividades do entorno e a preservação da integridade do pavimento e dos outros utilitários subterrâneos.

Além disso, os dados ratificam os resultados encontrados por Coral e Steiner (2015), que concluíram que o custo direto para o MND é 10,64% maior que o MAV. Considerando-se apenas o custo da implantação da rede, sem os serviços de recuperação do pavimento e recomposição de cavas, o custo de implantação por metro linear de MND é 43,13% maior. A análise realizada pelos autores mostra que o método destrutivo necessita do dobro do tempo para executar o projeto e causa grande impacto no fluxo de veículos e conseqüentemente no cotidiano das pessoas.

Entretanto, vale também ressaltar que todas as obras analisadas no presente estudo foram executadas por furo direcional por atenderem a exigências construtivas. Por mais que o método tradicional se apresente mais barato, as obras não possuíam características que permitissem ser executadas por tal método destrutivo, seja por serem localizadas em rodovias federais, áreas de proteção ambiental ou por possuírem a necessidade de desviar de obstáculos, como trilhos ferroviários.

6 | CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou os custos diretos de construção pelo método de abertura de vala e pelo método não destrutivo por perfuração direcional horizontal (HDD), adotados para a instalação de redes de saneamento e distribuição de água no estado do Rio Grande do Norte. Foram analisadas doze obras, sendo três localizadas no interior do estado e nove em Natal, e suas características construtivas para realizar a composição dos custos, dentre elas o diâmetro da tubulação, extensão, profundidade e finalidade.

Baseado nos resultados obtidos, pode-se concluir que, para as obras analisadas, considerando-se apenas o custo direto de construção, o método de abertura de vala apresenta-se mais vantajoso que a técnica HDD. Apesar de provocar menos interferência no tráfego e impacto ambiental, a técnica HDD mostrou custo financeiro superior, sendo, em média, 41% mais oneroso que o MAV. Em apenas um caso analisado, o HDD apresentou-se 9% mais econômico que o método tradicional, resultado que pode ser atribuído às características de maior profundidade dessa obra em particular.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, D. M.; BAIK, H. S.; GOKHALE, S. **Development of a decision support system for selection of trenchless technologies to minimize impact of utility construction on roadways.** Indiana, Estados Unidos, 2002. Disponível em: < goo.gl/JKGAMC > acessado em outubro/2017
- ARIARATNAM, S. T.; LUEKE, J. S.; ALLOUCHE, E. N. **Utilization of Trenchless Construction Methods by Canadian Municipalities.** Virgínia, Estados Unidos. Journal of Construction Engineering and Management, v. 125, n. 2, março 1999. Disponível em: < <https://goo.gl/kHDg6Y> > acessado em outubro/2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9814:** Execução de rede coletora de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266:** Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA - ABRATT. Disponível em: < <https://goo.gl/iFvbgY> > acessado em outubro/2017.
- BUENO, B.; COSTA, Y. **Dutos enterrados: aspectos geotécnicos.** 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE – CAERN. Disponível em: <<https://goo.gl/mbsgYP>> acessado em outubro/2017.
- CORAL, D. B.; STEINER, L. R. **Comparativo entre perfuração direcional horizontal (MND) x método destrutivo (vala), para implantação de rede de gás natural urbana. Estudo de caso.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 15. Disponível em: < <https://goo.gl/1vGuxv> > acessado em outubro/2017.
- DEZOTTI, M. C. **Análise da utilização de métodos não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas.** 2008. 231p. Tese (Mestre em Engenharia Civil: Transportes) Escola De Engenharia de São Carlos, São Paulo.
- GANGAVARAPU, B. S.; NAJAFI, M.; SALEM, O. **Quantitative analysis and comparison of traffic disruption using open-cut and trenchless methods of pipe installation.** Baltimore, Estados Unidos, julho 2013.
- MASSARA, V. M.; FAGÁ, M. T. W.; UDAETA, M. E. **A importância do método não destrutivo na implantação de redes de gás natural em cidades consolidadas.** Campinas, SP, 2007. Disponível em: < <https://goo.gl/Wt61rF> > acessado em outubro/2017
- NAJAFI, Mohammad. **Tecnologia Não Destrutiva: Planejamento, Equipamentos e Métodos.** São Paulo: ABES, 2017.
- NAJAFI, M.; OK KIM, K. **Life-cycle-cost comparison of trenchless and conventional open-cut pipeline construction projects.** Pipeline Division Specialty Congress. San Diego, California, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/DtozKf>> acessado em outubro/2017.
- NAJAFI, Mohammad. **Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal.** Nova York: McGraw-Hill Education, 2005.
- SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI. Disponível em: <goo.gl/Y5P23x> acessado em outubro/2017.

WOODROFFE, N. J. A.; ARIARATNAM, S. T. **Cost and risk evaluation for horizontal directional drilling versus open cut in an urban environment.** Virgínia, Estados Unidos. Practice Periodical on Structural Design and Construction, v. 13, n. 2, mai. 2008.

CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO NO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - MANAUS-AM

Mikaela Camacho Cardoso

Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Amazonas.

Manaus – Amazonas.

Mauro Célio da Silveira Pio

Mestre em Química de Produtos Naturais – ênfase/ em Química ambiental Doutor em Química- ênfase em química Analítica.

Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Amazonas.

Manaus – Amazonas.

RESUMO: Amostras de água de cinco pontos no igarapé do Mestre Chico, corpo hídrico localizado dentro no perímetro urbano da cidade de Manaus-Am, foram coletadas com o objetivo de avaliar parâmetros físico-químicos: pH, condutibilidade, turbidez e temperatura e a concentração de fosfato lançado diretamente nesse ambiente em função do elevado crescimento urbano- industrial. Os resultados para a concentração de fosfato foram tabulados usando técnica exploratória de componentes principais enquanto que os parâmetros físico-químicos foram avaliados em termos de valores absolutos. As análises revelaram que a concentração do fosfato esta 103 vezes acima do estabelecido pela norma CONAMA 357/85 ocorrendo similaridades nos pontos estudados enquanto que todos os parâmetros

físico-químicos apresentaram seus valores alterados em função dos despejos dos esgotos domésticos existentes no trecho estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Igarapé Mestre-Chico, fosfato, físico-químico.

ABSTRACT: Five-point water samples in the Mestre Chico igarapé, a water body located within the urban perimeter of the city of Manaus-Am, were collected with the objective of evaluating physicochemical parameters pH, conductivity, turbidity and temperature and the concentration of phosphate released in this environment due to the high urban-industrial growth. The results for the phosphate concentration were tabulated using exploratory technique of main components while the physicochemical parameters were evaluated in terms of absolute values. The analysis revealed that the phosphate concentration is 103 times higher than that established by the CONAMA 357/85 standard, with similarities occurring at the points studied, while all the physical and chemical parameters presented altered values as a function of the domestic sewage disposal in the studied section.

KEYWORDS: Mestre Chico igarapé, phosphate, physical and chemical

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, em virtude do acelerado crescimento urbano - industrial das cidades, os corpos hídricos como: lagoas, lagos e estuários que são ecossistemas de grande relevância para a manutenção de diversas espécies de animais e plantas, tem aumentado substancialmente o aporte de cargas poluentes (TUNDISI, 2003).

Dentre esses poluentes encontra-se o fósforo, que tem causado impactos em corpos aquáticos tornando-se um problema ambiental e principalmente econômico, e que são abrangidos sob o termo eutrofização (EDWARDS e WITHERS, 2007).

O fosfato origina-se de um elemento químico da tabela periódica, o fósforo que é derivado de rochas. Em 1950 e 1960, o fósforo era utilizado na forma de fosfatos para a formulação de detergentes com a finalidade de regular o pH da solução de lavagem, além de manter os íons como Ca^{2+} em solução. Como consequência, os ambientes aquáticos que recebiam os despejos dessas lavagens, eram eutrofizados. Como exemplo, os chamados Grandes Lagos, localizados ao norte dos Estados Unidos e Sul do Canadá, foram altamente eutrofizados na época. Já em meados da década de 70, as legislações americanas e canadenses impuseram uma série de restrições ao uso de PO_4^{3-} nos detergentes. A principal consequência foi à redução das concentrações PO_4^{3-} de 10 para 5 mg L^{-1} , permanecendo abaixo deste valor até os dias atuais (WETZEL, 1993).

Apesar de ser praticamente eliminado dos detergentes, o fósforo teve sua concentração novamente aumentada devido ao crescimento populacional desordenado. Esse aumento é acompanhado de problemas como despejo doméstico e industrial, que é rico em fósforo e nitrogênio (QUEVEDO, 2010).

Uma parcela significativa das águas naturais, depois de utilizadas para o abastecimento público e nos processos produtivos, retorna aos cursos d'água com altos níveis de fósforo o que compromete sua qualidade.

A grande parte dos rios brasileiros, que são a principal fonte de abastecimento de água para a população, gera preocupação, quando se leva em consideração a grande importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento da vida humana e das atividades agrícolas e industriais. Desse modo, é de fundamental importância o conhecimento da qualidade das águas, pois este permite não somente auxiliar na definição dos usos pretendidos como também avaliar sua qualidade e indicar quais atividades humanas provocam ou podem causar sua degradação (HADDAD, 2010).

No Brasil, poucas são as pesquisas sobre o comportamento e a transferência de fósforo do ambiente terrestre para o ambiente aquático. Sabe-se que os impactos nos recursos hídricos são de variada magnitude e distribuição pelo país e se devem em parte à urbanização e às atividades agrícolas e industriais. (TUNDISI, 2003).

No caso da região norte mais especificamente em relação a Manaus, com a implantação da Zona Franca, em 1967, iniciou um novo ciclo econômico, que foi responsável pelo aumento da densidade populacional. Dessa forma a população de

Manaus cresceu aproximadamente 700%, saltando de 200 mil habitantes em 1965, para quase 1,5 milhões na virada do século XXI, provocando um aumento da carga poluidora em todas as bacias hidrográficas existentes nela e conseqüentemente do aporte de fósforo nelas (MENDONÇA, 2004).

Nas quatro bacias hidrográficas existentes na cidade de Manaus, há pouco mais de duas décadas, era possível tomar banho na maioria dos igarapés que as constituíam. Atualmente, em decorrência do aumento populacional e do conseqüente aumento da quantidade de dejetos despejados, torna-se arriscado utilizar essas águas pelos prejuízos que podem causar para a saúde.

Aliado a esse despejo o processo de crescimento do Polo Industrial de Manaus, desmatamentos de áreas florestadas para posterior ocupação humana tem sido interpretado como os primeiros passos para a modificação e degradação ambiental com repercussão negativa para os corpos d'água e biota associada (CLETO FILHO e WALKER, 2001). A precariedade das moradias nas margens dos igarapés, despejando parte do lixo e esgotos sanitários nos corpos aquáticos e o lançamento de despejos de origem industrial, provocou impactos ambientais.

O monitoramento da qualidade da água, por meio dos parâmetros físico-químicos insere-se como uma ferramenta que permite investigar, descrever e interpretar dados sobre a verdadeira situação da qualidade dos recursos hídricos, possibilitando fomentar ações no sentido de se restabelecer as condições de equilíbrio e sustentabilidade destes ecossistemas impactados e entre os parâmetros que pode ser analisados o fosfato está inserido como um dos mais importantes (ARROIO JUNIOR et al., 2011).

Dessa forma o objetivo desse trabalho é avaliar a quantidade de fósforo presente em um Igarapé (curso d'água) dentro do perímetro urbano da cidade de Manaus que recebe grande quantidade de despejo de esgoto doméstico e industrial a fim conhecer seu impacto nesse ambiente aquático.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de coleta

O local de coleta é um trecho do igarapé do Mestre Chico que recentemente passou por um processo de ordenamento urbano por intervenção do programa PROSAMIN restando esse trecho com acesso direito ao igarapé. Nesse trecho foram escolhidos cinco pontos cujas coordenadas encontram-se na tabela abaixo.

Pontos	Coordenada S (sul)	Coordenada (oeste)
1	3°07'54.7"S	60°00'36.2"W
2	3°07'57.3"S	60°00'36.6"W
3	3°08'01.5"S	60°00'37.3"W

4	3°08'07.5"S	60°00'36.5"W
5	3°08'10.2"S	60°00'36.8"W

Tabela 1 Coordenadas dos pontos de acordo com a coleta, 2017.



Lago do mestre Chico, local de coleta, 2017

fonte: google maps.

2.2 Coleta das amostras *in situ*

As amostras de água foram coletadas nas superfícies dos igarapés, no centro do curso de água entre 10 e 20 cm de profundidade em frasco de polietileno com capacidade de 1 L, previamente lavado com solução de ácido nítrico 10%. Em cada ponto de coleta, foram misturadas amostras simples de 1 L, em balde de polietileno, formando uma amostra composta de 3 L.

Após a mistura, foram medidos em laboratório no mesmo dia da coleta, os valores de pH (pHmetro digital WTW-330i) e condutividade (condutivímetro MCA150 e AP200 w) e temperatura da água. Por fim 2 L de amostra de água, contida no balde, foi transferida para um recipiente de polietileno esterilizado para a realização da análise em laboratório.

2.3 Análise de fosfato

Posteriormente, as amostras de água filtradas e não-filtradas, foram preparadas pela adição de 40 mL de água destilada, e dosadas na forma de íon fosfato pela adição de 5 mL da mistura de reagentes (soluções de molibdato de amônio, ácido sulfúrico, ácido ascórbico e antimônio tartarato). Foi preparada uma solução padrão estoque de fosfato ($5 \cdot 10^{-3}$ mol L⁻¹), de onde foi retirado 1 mL desta solução e avolumado para 50 mL (solução de trabalho), em seguida foi retirado 1, 2, 3, 4,5 e 6 mL da solução

de trabalho, sendo avolumados em balões de 100 mL. Sendo retirados 50 mL destas soluções e foram adicionados em erlenmeyer junto com 5 mL da mistura de reagentes.

Os padrões e as amostras de água foram medidos no comprimento de onda de 880 nm (APHA, 1985), em um espectrômetro da marca SHIMADZU modelo: UV 160PC aplicando-se o método do molibdato de amônio, cuja precisão máxima foi de $\pm 15\%$ na faixa de concentração de $0,2 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfato (PARANHOS, 1996). A concentração de ortofosfato foi determinada pelo método padrão usando uma curva de calibração constituída de 1, 2, 3, 4, 5 e $6 \mu\text{mol L}^{-1}$ (SANTOS et al., 2007)

2.4 Tratamento estatístico

Os dados obtidos foram tabulados em uma matriz segundo o número de amostras, sendo analisados pelas técnicas exploratórias dos componentes principais (PCA) e hierárquicas (HCA). A análise multivariada com a construção do dendograma foi utilizada com o objetivo de buscar similaridades entre os pontos de coleta com maior influência no processo de contaminação durante as coletas. Dentro do estudo exploratório foram obtidos valores de análise multivariada para componente principal com o objetivo obter quais pontos de coleta tiveram maior peso na formação dos grupos apresentados pelo dendograma. Para a interpretação dos resultados obtidos pelo PCA foram considerados apenas aqueles autovalores > 1 que são considerados de interesse para a interpretação dos dados estatísticos (Pio, 2012).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A temperatura da água é uma variável importante no meio aquático, já além de interferir em diversos processos, a temperatura das águas superficiais tem importante função na solubilidade dos sais e, sobretudo dos gases, e, portanto, na condutividade elétrica e na determinação do pH (Plaskiewicz e Cunha, 2009). Esse parâmetro apresentou média de $21,0^{\circ}\text{C}$ abaixo da temperatura do seu principal receptor o Rio Negro caracterizado dessa forma valores diferentes de um ambiente natural. Os baixos valores obtidos para a temperatura sugerem relação com os valores de pH e condutividade encontrados durante o intervalo de coleta.

Os valores obtidos de pH são mostrados em gráfico próprio. Nele é possível notar valores entre 6 e 7, exceto para o mês de novembro onde foi constatado valor entre 4 e 5. Como o Igarapé do Mestre Chico é um afluente do Rio Negro este tem influência em seu valor de pH que gira em torno de 4 a 5 (Plaskiewicz e Cunha, 2009) contudo os valores obtidos durante o período de amostragem divergem daqueles esperados. Esse fato pode ter afinidade direta com os entornos existentes no Igarapé do Mestre Chico constituído basicamente de imóveis residenciais que não possuem nenhum tipo de tratamento de esgoto doméstico alterando dessa forma esse parâmetro.

Para a condutibilidade, notou-se maior valor no mesmo mês de novembro, o que de certa forma, concorda com a baixa variação de pH observada para esse parâmetro, sugerindo assim que a pouca presença de íons dissolvidos no meio aquático, contribui para a diminuição do pH nesse mês. O constante despejo tanto de esgoto doméstico quanto de águas pluviais que o trecho estudado recebe parecem não contribuir significativamente com a condutividade do meio aquático, pois os valores desse parâmetro não se mostraram elevados.

Em relação a turbidez, o mês de outubro, apresentou o menor valor (em torno de 1 NTU), ou seja, o igarapé do Mestre Chico, não possuía, naquele instante uma carga poluidora elevada ou esse dado pode ter sofrido a influência da enchente do Rio Negro uma vez que o período de coleta coincidia com o mesmo.

3.2 ANÁLISE DE FOSFATO

Em termos de média a sequência crescente de concentração de fosfato no igarapé do Mestre Chico é: $p_4 < p_5 < p_2 < p_1 < p_3$. Considerando que o fluxo das águas do igarapé do Mestre Chico, no trecho de coleta, ocorre do ponto 1 para ponto 5 era esperado que o último ponto de coleta apresentasse uma concentração maior, contudo a diferença de concentração entre eles não ultrapassa 0,800 mg L⁻¹ indicando, de certa forma, uma homogeneidade de fosfato no local. Essa homogeneidade pode estar relacionada com a presença de várias fontes pontuais de despejo de esgoto in natura no trecho estudo uma vez que se distribuem em quase toda sua extensão. Contudo todos os pontos de coleta apresentam valores de concentração de fosfato acima daquele estabelecido pela norma CONAMA 357/2005 que estabelece o valor máximo para esse parâmetro de 0,025 mg L⁻¹, e, dessa forma, os valores obtidos estão em média 103 vezes acima do que estabelece a normativa.

Do *box plot* notou-se que o p1 é aquele que apresenta a maior variação de fosfato durante o período de coleta, em contrapartida o p5 foi aquele que apresentou a menor variação de fosfato. Essa observação pode ter relação com o acúmulo de lixo em p1 uma vez que nesse local foi notado um baixo escoamento das águas do igarapé do mestre Chico ao passo que em p5 ocorre o oposto, ou seja, o escoamento das águas é bem mais intenso podendo contribuir dessa forma para a baixa variação na concentração de fosfato.

A variação da concentração de fosfato ao longo dos meses de coleta em todos os pontos de coleta é mostrada no gráfico específico, nele é possível notar que em praticamente todos os meses, exceto no mês de março há um decréscimo na concentração de fosfato, esse fato poder ser atribuído ao período de cheia do rio Negro pois o mesmo avança suas águas em direção ao igarapé do Quarenta e esse, por conseguinte em direção ao igarapé do Mestre Chico, diluindo-o.

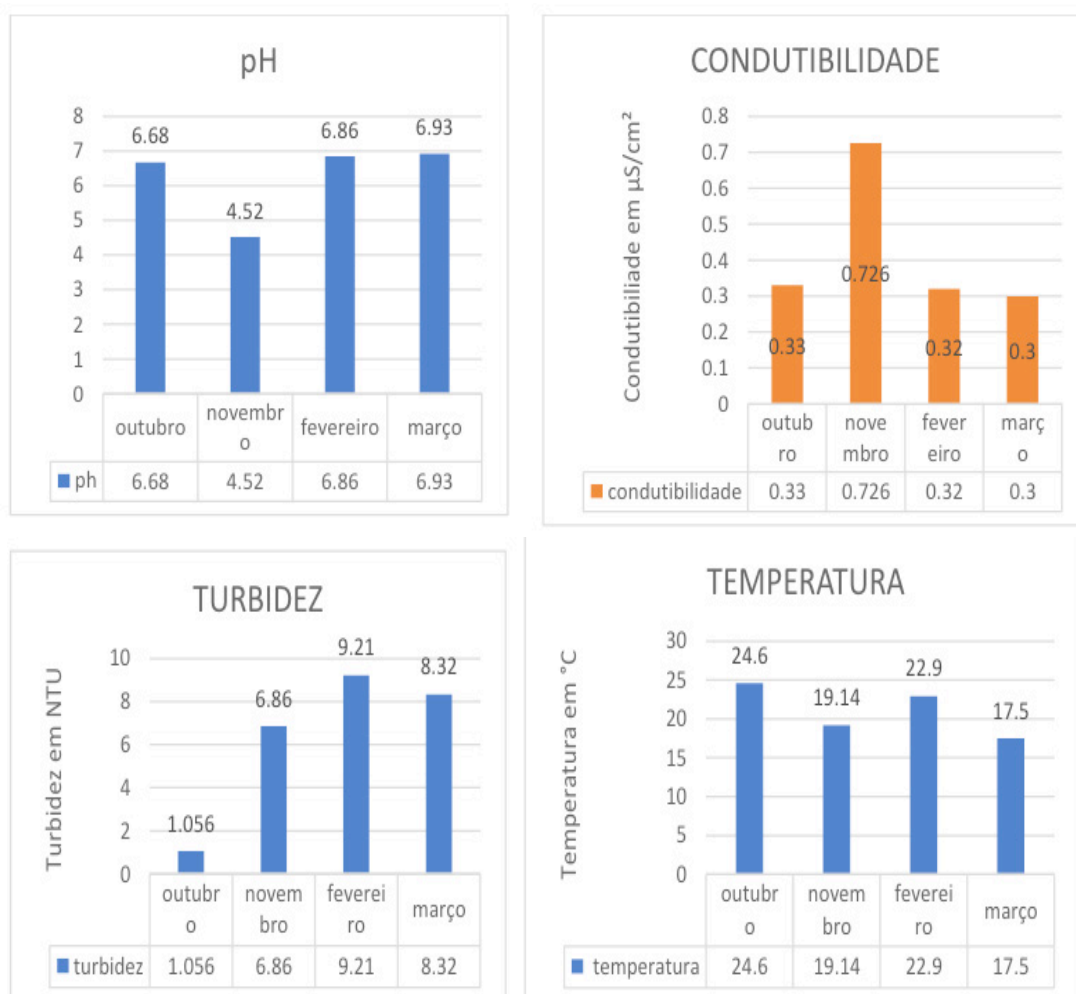
Os gráficos de PCA e dendograma revelaram que os comportamentos do fosfato nos pontos de coleta não apresentaram significativa correlação entre eles o

que sugere, dessa forma, que o local de coleta, Igarapé do Mestre Chico possui contaminação desse elemento de maneira distinta, ou seja, cada ponto de coleta possui um contribuinte que pode influenciar na concentração do elemento, objeto de estudo. Contudo mesmo apresentando características estatísticas diferentes há similaridades entre alguns pontos no dendograma.

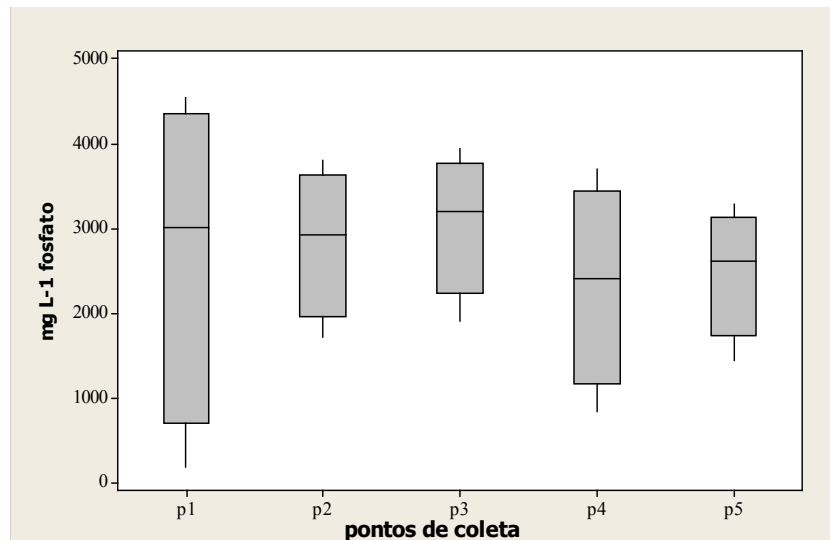
4 | CONCLUSÃO

O Igarapé do Mestre Chico apresenta valores de temperatura, pH, condutividade e turbidez diferentes daqueles encontrados em ambientes naturais além de possuir a concentração de fosfato muito acima do que estabelece a normativa vigente (CONAMA 357/2005). Entre os fatores que contribuem para as alterações obtidas estão o despejo *in natura* do esgoto doméstico existente em toda a extensão do trecho estudado auxiliado pelo período de enchente do Rio Negro principal curso aquático que recebe suas águas.

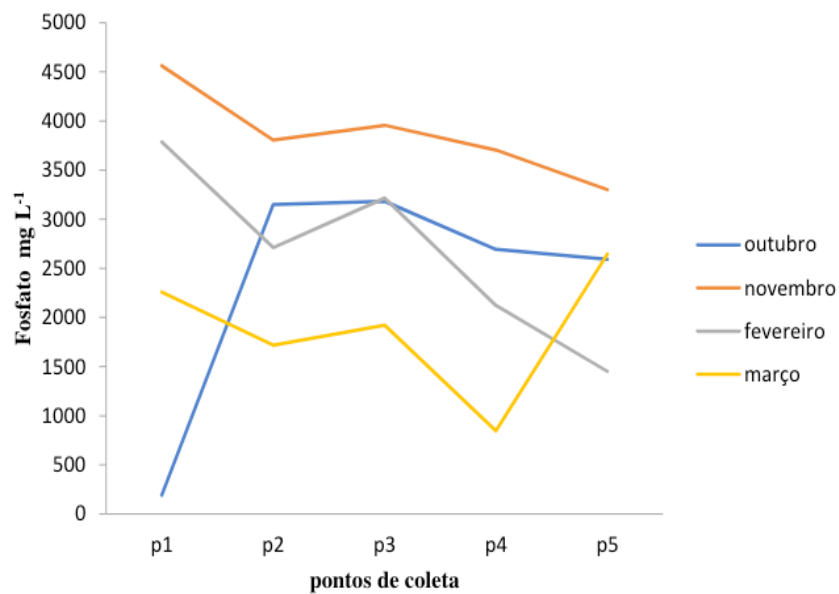
5 | GRÁFICOS



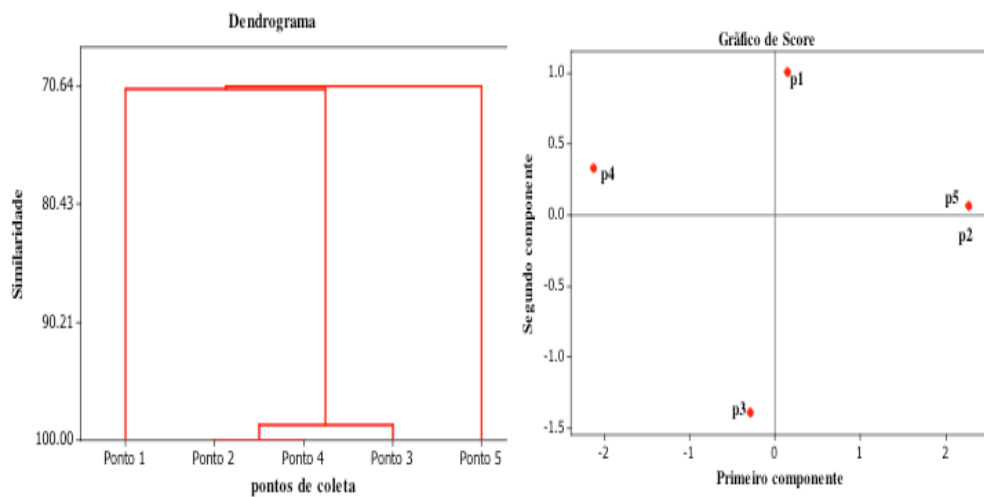
Gráficos segundo as análises físico-químicas, 2017.



Box plot da variação de fosfato nos pontos de coleta, 2017.



Variação de fosfato, 2017.



Gráficos de análise multivariada, 2017.

REFERÊNCIAS

- A. C. Edwards; P. J. A. Withers. **Linking phosphorus sources to impacts in different types of water body. *Soil Use and Management.***, v. 23, Issue Supplement s1, pg. 133–143, 2007.
- ARROIO JÚNIOR, PA. P; ARAÚJO. RE. R. SOUZA. A. **Monitoramento da qualidade da água no manancial do rio Santo Anastácio.** Revista ColloquiumExactarum. v. 3, n. 1, p. 10- 17. 2011.
- APHA – American Public Health Association; Water Work association end Water Pollution Control Federation.; **Standard methods for the examination of wastewater.** 16^a ed. New York, 1985.
- CLETO FILHO, S. E. N.; WALKER, I. **Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/Amazônia Central.** Acta Amazônica. v. 31, n. 1, p. 69-89, 2001.
- HADDAD, E. A; JÚNIOR, A. P. M. **Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, Carste do alto São Francisco, Minas Gerais.** Revista Geosul, v. 25, n. 49, p 79-102. 2010.
- MENDONÇA, R. B. e S. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos das águas do igarapé do Quarenta, Manaus – Amazonas.** Manaus: UFAM, 2004. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, 2004.
- PARANHOS, R., 1996. **Alguns métodos para análise da água.** Rio de Janeiro: Editora da UFRJ.
- PIO, SILVEIRA DA CÉLIO MAURO. **Estudo da viabilidade da remoção de metais potencialmente tóxicos de um igarapé da região do polo industrial de Manaus (PIM) utilizando um sistema o piloto de tanque com macrófita e wetland construído,** 2012.
- SANTOS, V. S.; Villac, M. C., Tenenbaum, D. R. Paranhos, R., 2007. **Auto- and heterotrophic nanopalnkton and filamentous bactéria of Guanabara Bay (RJ, BRAZIL): estimates of cell/filament numbers versus carbon content.** Braz. J. Ocean., v. 55, n. 2, p. 133-143.
- QUEVEDO, CLAUDIA MARIA GOMES DE. **Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente seus reflexos na saúde pública.** Rio de Janeiro – RJ: ABES. 2010. VI-019. 11p.
- TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** 2 ed. São Carlos: RIMA, 247p, 2003.
- WETZEL, R.G., 1993 – **Limnologia,** Fundação Calouste Gulbernkian; Lisboa, 919 pp.
- PLASKIEVICK e CUNHA. **Avaliação Química das águas do Rio Negro na Amazônia Central.** Disponível em:
<http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/resumos/resumos/4129.htm>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2017.

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.

Ilhéus-Bahia.

Evelin Silva Koch

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.

Ilhéus-Bahia.

Maria Victoria Manso Guevara

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.

Ilhéus-Bahia.

Fermin Garcia Velasco

Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia das Radiações, Universidade Estadual de Santa Cruz.

Ilhéus-Bahia.

ABSTRACT: This paper presents the results of a pilot experiment aimed at standardizing procedures for the CPqCTR/UESC Gamma Spectrometry Laboratory (LEG) for the quantification of natural radioactive elements in solid environmental samples. The concentrations of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in two sediment matrix belonging to the Caetité-BA region were determined, by using the absolute method with uncertainties about 5%. The results were obtained using gamma spectrometry with a high-resolution p-type HPGe detector. As a closure, the absorbed dose, radium equivalent

activity and the annual effective dose were calculated.

KEYWORDS: Gamma Spectrometry, ^{238}U and ^{232}Th concentration, Outdoor dose.

DETERMINAÇÃO DE URÂNIO E TÓRIO USANDO ESPECTROMETRIA GAMA: ESTUDO PILOTO

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados de um experimento piloto com o objetivo de padronizar procedimentos para o Laboratório de Espectrometria Gama (LEG) do CPqCTR/UESC para a quantificação de elementos radioativos naturais em amostras ambientais sólidas. Foram determinadas as concentrações de ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K em duas matrizes sedimentares pertencentes à região de Caetité-BA, utilizando o método absoluto com incertezas em torno de 5%. Os resultados foram obtidos usando a técnica de espectrometria gama com um detector de HPGe tipo-p de alta resolução. Finalmente, foram calculadas a dose absorvida, a atividade equivalente do rádio e a dose anual efetiva.

PALAVRAS-CHAVE: Espectrometria gama, concentração de ^{238}U e ^{232}Th , dose externa.

1 | INTRODUCTION

Environmental assessments are one of the permanent activities, in which universities and their research centers are involved, and they can impact on a positive way in a given region. Gamma-ray spectrometry is one of the most widely used techniques for environmental radioactivity assessment (HANNAN et al, 2015; SANTOS et al, 2017). It allows to perform a precise quantitative analysis of the radionuclide concentration (natural or anthropogenic) in different types of environmental samples, without the application of laborious sample preparation (AGBALAGBA et al, 2012).

However, the quantification of radionuclide in extended sources, by using the absolute method, requires the knowledge of the efficiency detection. The efficiency curve can be experimentally obtained by using a “poly-energetic standard source” with geometry and a matrix composition similar to the studied samples. When these “standard sources” are not available, the efficiency curve for volumetric sources can be obtained from point-like sources of calibration using the efficiency transfer method (VARGAS et al, 2003). Two sediment samples belonging to Caetité region, where it is concentrated nowadays the uranium ore activity in Brazil were analyzed. The efficiency curve determined in (MONTALVÁN-OLIVARES et al, 2017) was used for quantifying the amount of uranium, thorium and potassium in both samples.

This paper presents the results of a pilot experiment aimed at standardizing procedures from the Research Center in Sciences and Technologies of Radiations (CPqCTR/UESC) LEG for the quantification of natural radioactive elements (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K) in solid environmental samples.

Based on the fact, that mining is catalogued by the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) as a potential source of exposure to natural radioactive elements (UNSCEAR, 2000) different radiological magnitudes were also calculated.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Sample collection and preparation

The sediment samples (SS1 and SS2) were collected from two specific sites of the influence region of uranium mining in Caetité, Bahia.

The samples were stocked and sealed in plastic bags in order to avoid any external contamination. After that, the samples were sent to our Environmental Samples Preparation Laboratory at the CPqCTR and prepared according to the procedure established in (IAEA, 2003). The granulometric reduction of the collected samples was done using a sieve of 170 mesh (90 μm). After the homogenization procedure, samples were dried in the oven at a temperature of 110 °C. At intervals of 2 hours, the mass of the samples was verified, until achieving a stable difference (lesser than 5 mg) in the dry weight, in temperature and humidity conditions about 20 °C and 40%, respectively.

The dried samples were hermetically sealed in two plastic containers (vessels) with a cylindrical geometry (6.2 cm² x 2.7 cm), previously identified. Finally, both samples were stored during 30 days in a desiccator in order to reach the secular equilibrium of radon with other elements of the natural radioactive series.

2.2 Experimental Setup

The experimental measurements were carried out using a coaxial p-type HPGe detector (model **GC2518**), manufactured by Canberra. The geometrical dimensions and spectrometric characteristics of the detector were verified by (MONTALVÁN-OLIVARES et al, 2017) and compared with those provided by the manufacturer. This detector has a nominal relative efficiency about 25% compared to 7.62 cm x 7.62 cm NaI (TI) detector. The measured resolution (FWHM) and the Peak-to-Compton ratio (P/C) for the ⁶⁰Co gamma- ray energy of 1.33 MeV were 1.72 keV and 58:1, respectively. These characteristics were in disagreement with those reported by the manufacturer for the same energy (1.62 keV and 61.6:1, respectively). The detector is installed in a 10-cm-thick lead shield, model 747 (CANBERRA, 2013). The HPGe is connected to a pre-amplifier (model **2002C**) and a Digital Spectrum Analyzer (DSA-200), with a shaping time of 4 μs. The course and fine gain were fixed in 40x and 1.0502x, respectively. A high voltage of 4000 V was applied to the detector.

The energy calibration function, which establishes the relation between gamma-ray energies and the electronic channels, was obtained in the energy range from 59-1408 keV. Adjustment of the experimental data was achieved by an excellent linear fit ($r^2=0.999$), whose parameters are: **m=0.2302 keV channels⁻¹** and **b= -0.6077 keV**.

The full-energy peak efficiency calibration was performed in the same energy range with point-like standard sources of: ²²Na, ⁶⁰Co, ¹³³Ba, ¹³⁷Cs, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁵Eu and ²⁴¹Am. The spectrum acquisition time was chosen depending on the activity of the source to keep the statistical uncertainty in the peak area below 1%. Background radiation was measured for 72 h, and its contribution was subtracted from the corresponding standard source spectra.

3 | RESULTS

The samples were measured at 5 cm from the top of the detector for 72 h. Spectra were acquired using the software Genie 2000 (CANBERRA, 2006). Gamma-ray energies of 351 keV (²¹⁴Pb), 1120 and 1764 keV (²¹⁴Bi) were used for ²³⁸U calculations. The energies of 583 keV (²⁰⁸Tl) and 968 keV (²²⁸Ac) were used for ²³²Th calculations, and for ⁴⁰K quantification was used its own gamma-ray energy (1460 keV). The measured spectrum of the sample SS2, is shown in figure 1. Due to the analytic lines, used in the quantification procedure (highlighted in red), were above 350 keV, the spectrum is shown for energies greater than 300 keV.

The specific activity of ²³⁸U, ²³²Th and ⁴⁰K, corresponding to both sediment samples

from Caetité region, were obtained using the Absolute Method (Eq. 1):

$$A = \frac{CPS_S - CPS_{BG}}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot m} \text{ (Bq} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

where CPS_S and CPS_{BG} represent the count rates in the full-energy peak and the background count rates, ε is the efficiency corresponding to energy E of interest, I_γ represents the photon yield or photon-emission probabilities to energy E , and m is the dried mass of the sample in kg.

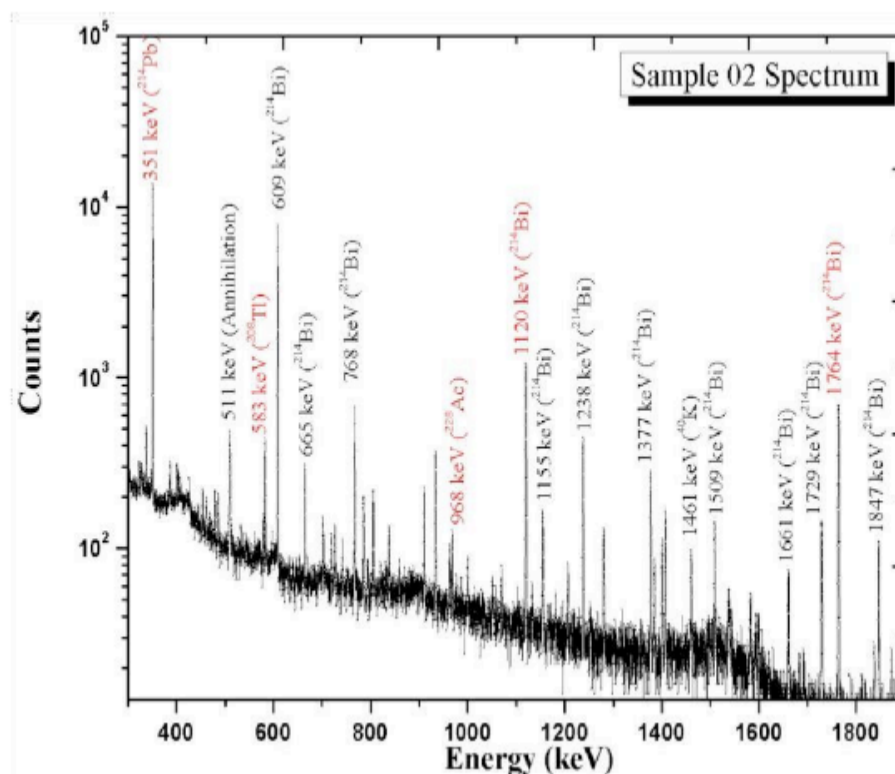


Figure 1: Measured spectrum of the sample SS2 acquired using GENIE 2000.

Energy and photon yield values were taken from the database of the International Atomic Energy Agency (IAEA, 2007). Background spectra were used for the calculation of the detection limits (DL) and the Minimum Detectable Activity (MDA). In this work was used the Currie modified criterion for the calculation of detection limit and therefore to MDA (KNOLL, 2010).

The efficiency curve was obtained after adjusting the nominal detector parameters using a Monte Carlo N-Particle eXtended (MCNPX) transport code (PELOWITZ, 2008), and using the efficiency transfer method. Correction factors such as solid angle for the volumetric sample and self-absorption correction factors ($F_{self-abs}$) were also taken into account to calculations. If the reader is interested, additional details can be found in (MONTALVÁN-OLIVARES et al, 2017). Figure 2 shows the efficiency curve in the energetic range of 53-1764 keV for the studied volumetric sample. Red points represent

the efficiency values for the analytical gamma lines of interest.

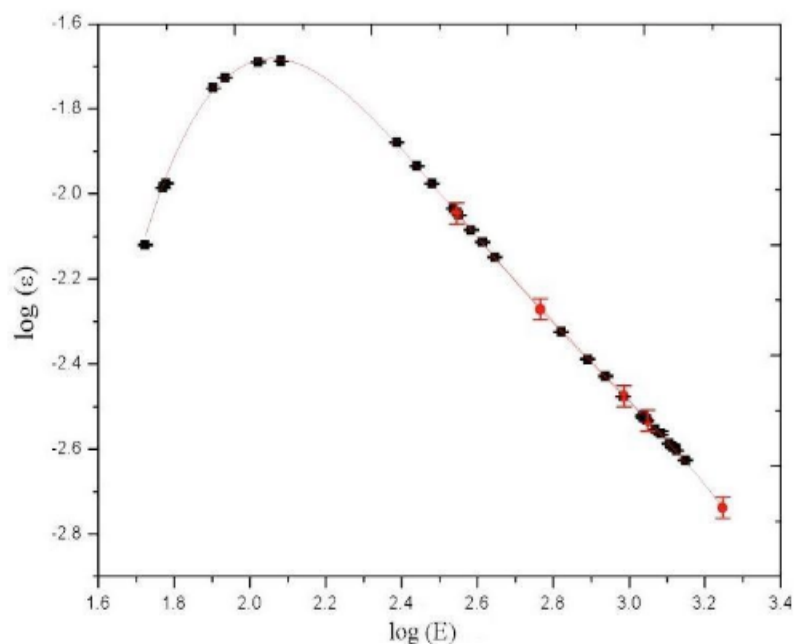


Figure 2: The curve in log-log scale as a function of photon energies (E). Solid line represents polynomial logarithmic fit ($r^2=0.998$).

The ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K concentration values (table 1) were estimated from the specific activity Eq. (1), with a mean relative error of 5%. Due to the spectrum acquisition time was chosen to keep the statistical uncertainty in the peak area below 1% (Type A uncertainty), and the photon yield of this lines are lower than 0.3% (Type B uncertainty); the concentration values' uncertainties were given mainly by the uncertainties in the estimative of the efficiency. For all the efficiency values, the uncertainty was computed as the quadratic sum of the individual uncertainties of the factors used in the efficiency calculation. These factors and their relative errors are listed in table 2.

Energy (keV)	SS1		SS2	
	A (kBq kg ⁻¹)	C (mg kg ⁻¹)	A (kBq kg ⁻¹)	C (mg kg ⁻¹)
		^{238}U		
351	2.8 ± 0.2	22 ± 1	8.1 ± 0.4	64 ± 3
1120	2.7 ± 0.2	21 ± 1	7.7 ± 0.4	61 ± 3
1764	3.1 ± 0.2	24 ± 1	8.5 ± 0.5	67 ± 4
		^{232}Th		
583	0.20 ± 0.01	68 ± 4	0.35 ± 0.02	117 ± 7
968	0.22 ± 0.02	74 ± 5	0.33 ± 0.02	111 ± 8
		^{40}K		
1460	0.68 ± 0.04	-	0.61 ± 0.03	-

Table 1: Main results for ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K concentrations for both sediment samples.

Uncertainty source	Type	Relative error
Count rate	A	< 1 %
Radioactive decay	A	< 1 %
Photon yield	B	< 0.7 %
Geometric factor	B	~3 %
Self-Absorption factor	B	~2-3 %
Error interpolation	A	~2 %

Table 2: Uncertainty sources contributing to the total uncertainty of the efficiency (ε).

As a closure for this work, radiological protection magnitudes such as: the absorbed dose rate (D), the radium equivalent activity (Ra_{eq}) and the annual effective dose equivalent (H) for 1 m from the surface for adults were calculated according to (UNSCEAR, 2010).

The absorbed dose, due to gamma radiation resulting from exposure to the primordial radionuclide for both samples were: $1.4 \pm 0.1 \mu\text{Gy h}^{-1}$ and $3.7 \pm 0.1 \mu\text{Gy h}^{-1}$ for SS1 and SS2 respectively. The Ra_{eq} values for the two samples were: $3204 \pm 127 \text{ Bq kg}^{-1}$ (for SS1) and $8624 \pm 260 \text{ Bq kg}^{-1}$ (for SS2) and the annual effective dose values were: $1.7 \pm 0.1 \text{ mSv y}^{-1}$ for SS1 and $4.5 \pm 0.1 \text{ mSv y}^{-1}$ for SS2.

The annual effective dose values do not exceed the accepted as safe limit for occupationally exposed persons (20 mSv y^{-1}) (UNSCEAR, 2010). They are even included in the radiation dose limits to mine workers at different uranium operations around the world ($< 4.8 \text{ mSv}$) (NIELSEN et al, 2015).

4 | CONCLUSIONS

The pilot experiment carried out in the CPqCTR/UESC LEG established a methodology to perform quantitative procedure of radionuclides by using the Absolute Method. Its successful application allowed to determine the concentration of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in two sediments samples belonging to the Caetité region and the assessment of the outdoor dose, which do not exceed the regulated levels. This work itself does not constitute an environmental study, because there are not enough sampling points for characterizing the region.

5 | ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge Funding Authority for Studies and Projects (FINEP 338/2009) for the financial support to acquire the spectrometer, and also Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) and Chemical Engineering Academic Centre of the State University of Santa Cruz for the financial support to participate in the Metrologia 2017 event.

REFERENCES

- Agbalagba E O, Avwiri G O and Chadumoreh Y E 2012 **Spectroscopy measurement of natural radioactivity and assessment of radiation hazard indices in soil samples from oil fields environment of Delta State, Nigeria** *J. Environ. Radioact.* 109 64-70.
- Canberra 2013 **Model 747 and 747E Lead Shield** (Meriden: Canberra Industries, Inc.).
- Canberra 2006 **Genie™ 2000: Spectroscopy Software** (Meriden: Canberra Industries, Inc.).
- Hannan M, Wahid K and Nguyen N 2015 **Assessment of natural and artificial radionuclides in Mission (Texas) surface soils**. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 305 573-82.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) 2003 **IAEA - TECDOC -1360 Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements** (Vienna: International Atomic Energy Agency).
- International Atomic Energy Agency (IAEA) 2007 **Update of X-Ray and Gamma-Ray Decay Data Standards for Detector Calibration and Other Applications** (Vienna: International Atomic Energy Agency).
- Knoll G F 2010 **Radiation Detection and Measurements** (United States of America: John Wiley & Sons, Inc.).
- Montalván-Olivares D M, Manso-Guevara M V and Velasco F G 2017 **Determination of the HPGe detector efficiency in measurements of radioactivity in extended environmental samples**. *Appl. Radiat. Isot.* 130 34-42.
- Nielsen S P, Ross P and Andersson K G 2015 **Predicted Radiation Exposure from Mining at Kvanefjeld: Introduction to Radiation, Review of Baseline Information, and Predicted Radiation Exposures from Kvanefjeld Mining, Mineral Processing and Refining** (Roskilde: DTU-Nutech).
- Pelowitz D B (ed) 2008 **MCNPX™ User's Manual Version 2.6.0** (Los Alamos: Los Alamos National Laboratory).
- Santos J J A, Amaral R S, Menezes R S C, Álvarez J R E, Santos J M N, Fernández Z H, Bezerra J D, Silva A A, Damascena K F R and Maciel N J A 2017 **Influence of terrestrial radionuclides on environmental gamma exposure in a uranium deposit in Paraíba, Brazil**. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 141 154-9.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 **Sources and Effects of Ionizing Radiation** (New York: United Nations).
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2010 **Annex B: Sources and Effects of Ionizing Radiation- UNSCEAR 2008 - Report to General Assembly With Scientific Annexes vol 1:Sources** (New York: United Nations).
- Vargas M J, Díaz N C and Sánchez D P 2003 **Efficiency transfer in the calibration coaxial p-type HPGe detector using the Monte Carlo method**. *Appl. Radiat. Isot.* 58 707-12.

DINÂMICA SOCIOESPACIAL EM PEQUENAS CIDADES: A PAISAGEM GEOGRÁFICA DE OUVIDOR (GO)

Angélica Silvério Freires

Universidade Federal de Goiás. Regional Catalão,
Catalão (GO)

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em
Geografia-IGEO/RC/UFG

Vinculada ao NEPSA/CNPq- UFG/RC

E-mail: angelicafreires@gmail.com

Idelvone Mendes Ferreira

Professor Associado da Universidade Federal de
Goiás. Regional Catalão, Catalão (GO) Instituto
de Geografia. Programa de Pós-Graduação em
Geografia-RC/UFG

Coordenador do NEPSA/CNPq-UFG/RC

E-mail: idelvoneufg@gmail.com

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo analisar o momento que se está vivenciando de técnica, ciência e informações, interagindo nos espaços vividos, tendo como exemplo o município de Ouvidor (GO), um pequeno município do interior do Brasil, localizada no Sudeste do Estado de Goiás que, com seus 65 anos de emancipação política, se conecta ao mercado mundial da globalização socioeconômica, pelo circuito espacial da produção, por meio da mineração, principalmente vinculadas à extração de Fosfato e Nióbio. Para as discussões e reflexões acerca da temática, o trabalho teve como procedimento metodológico, a pesquisa bibliográfica, perpassando por variáveis como

redes, pequenas cidades, espaço urbano, dentre outras variáveis, e a pesquisa documental, permitindo levantar dados socioeconômicos e históricos do Município, recorte espacial da pesquisa. Com influência na dinâmica local, as atividades desenvolvidas no Município, através de suas distintas redes, promovem a circulação de materiais, serviços e capital, implicando em qualidade de vida para a população humana local, com acesso a bens modernos e contemporâneos pela sociedade de hábitos tipicamente interioranos, num híbrido de relações desiguais e contraditórias e, ao mesmo tempo, complementares, caracterizando a localidade como singular, fazendo-nos questionar sobre as categorizações generalizadas para as menores hierarquias de cidades e as diferentes configurações paisagísticas e socioespaciais ocultas nessa suposta homogeneização.

PALAVRAS-CHAVE: Redes. Configuração socioespacial. Paisagem geográfica. Ouvidor (GO).

ABSTRACT: The following article has as an objective to analyze the moment that are experienced technique, science and information, interacting in living spaces, having as example the county of Ouvidor (GO), a small county in Brazil's up-county, localized in the southeast the state of the Goiás and with 65 years of political emancipation, it connects with the world's

market of the socioeconomics globalization, by the spatial circuit of production, by the means of mining, especially linked to the extraction of Phosphate and Niobium. For the discussions and thoughts about this topic, the work had as a methodic process, the bibliographic research, passing through variables such as networks, small towns, urban spaces, amongst other variables and a documental research, allowing to collect the county's socioeconomic and historic data, spatial cut of the research. Influenced by the local dynamic, the activities developed in the city, by its distinctive networks, promote the circulation of materials, services and capital, implying in life quality for the local human population, with access to modern and contemporary assets by the society with typical inland habits, in a mix of unequal and contradictory relations, that in the same time are complementary, characterizing the location as a singular, what makes us question about the generalized categorizations for the minor hierarchies of cities and the different landscape and socio-spatial configurations hidden in this supposed homogenization.

KEYWORDS: Networks. Socio-spatial configuration. Geographic Landscape. Ouidor (GO).

1 | INTRODUÇÃO

Os municípios brasileiros, nos limites de suas territorialidades, possuem características que os aproximam ou afastam de outros tantos. Ouidor (GO), localizado no Sudeste do Estado de Goiás, se iguala a milhares deles, no contexto de pequenas cidades, devido ao número de pessoas, como também em área, mas ao mesmo tempo possui suas peculiaridades, que o distingue da maioria, pela presença de atividades de mineração industrializada, configurando-se numa paisagem diferenciada no contexto regional.

De lugar calmo e tranquilo, com população humana centrada principalmente na área urbana, e de área rural fragmentada em pequenas propriedades, a maioria delas familiar, a espaço atrativo sócio e economicamente, capturado por capital estrangeiro, o município de Ouidor (GO), através de suas redes, mostra-se híbrido, numa dialética que fomenta sua existência. Nesse contexto, a partir de seus distintos processos econômico, político, social e cultural, busca-se compreender como essa dinâmica se espacializa, no intuito de contribuir com a discussão acerca do momento contemporâneo de globalização e modernização em que se vive, marcados pela técnica, ciência e informações, em prol das transformações socioculturais dos espaços, evidenciando como pares rotulados como iguais, mas que se mostram distintos, como as pequenas cidades brasileiras.

Os caminhos para essa abordagem perpassam pela pesquisa bibliográfica sobre paisagem, espaço, redes, pequenas cidades e suas populações, enquanto categorias de análise, pela pesquisa documental, para explicitar os processos inerentes ao Município, com foco nas atividades mineradoras, e suas consequências nas paisagens urbanas e rurais e no modo de vida de sua população e, por fim, pela compilação em

laboratório para construção do acervo informacional a ser apresentado.

Com a compreensão da realidade local/regional e suas interações, sob a perspectiva geográfica, é possível inferir considerações inerentes ao uso atual do espaço, com entendimento de que as redes, nas suas distintas dimensões e significações (re)organizam o cotidiano, a cidade e a localidade, atribuindo-lhes características que afastam de uma leitura genérica e abrangente.

Dinâmica socioespacial em Ouvidor (GO)

A sociedade humana produz e reproduz o espaço geográfico, conforme seu modelo de organização e produção, envolto em processos do presente e do passado, visando perspectivas futuras. À medida que as relações sociais evoluem, ao longo do tempo, transforma-se o espaço, nessa dinâmica entre técnica, ciência, informação, racionalidade e fluidez, tornando a realidade socioespacial cada vez mais complexa.

Nesse contexto, essa complexidade pode ser percebida na historicidade de Santos (2006), onde, para ele, a história dos espaços é a história da técnica e vice-versa, passando por distintos períodos: natural, técnico e técnico-científico-informacional. No meio natural, a relação homem/natureza deu-se de forma harmônica, com a natureza dotada de valores de uso, onde o homem fazia o seu tempo, e o trabalho voltado para o sustento local, por meio de ferramentas simples e técnicas rudimentares. Os sistemas técnicos eram formados por objetos culturais e/ou naturais, pouco agressivos, de modo a conciliar uso e conservação da natureza (SILVA; MAIA, 2011).

Já no período técnico, os objetos ganham uma racionalidade para domínio da natureza, por meio dos objetos técnicos, que se somam aos culturais e naturais. Nessa fase ocorreu a união do natural com artificial, em prol da razão comercial (SANTOS, 2006). O objetivo passa a ser a produção de excedentes e acúmulo de riquezas e conhecimento em espaços mecanizados, com a natureza fadada ao valor de troca ou mercado, num tempo social regulado pelo trabalho e pelo capital, e não mais natural.

No terceiro período, o técnico-científico-informacional há uma profunda interação entre ciência e técnica, incorporando a ideia de tecnologia e a informação aos objetos técnicos. A partir de então, essa tríade, ciência - tecnologia - informação, que configura a base da produção, passa a atender um mercado global, fazendo da natureza uma subordinada dessa lógica. Endlich (2006, p. 22) corrobora, quando afirma que o meio técnico-científico-informacional refere-se “[...] à condição geográfica para a economia articulada mundialmente e à produção da mais-valia em escala espacialmente ampliada.”, período que levou à reestruturação de todos os setores da economia, inclusive nos diversos municípios brasileiros, servindo a atores hegemônicos e de interesses diversos.

Vivenciando esse momento, e recorrendo às definições de redes apresentadas por Santos (2006), que as definem como realidade material e dado social, como uma abstração social e política onde transitam pessoas, mensagens e valores apresenta-

se Ouvidor (Figura 1), pequeno município Goiano do interior do Brasil.

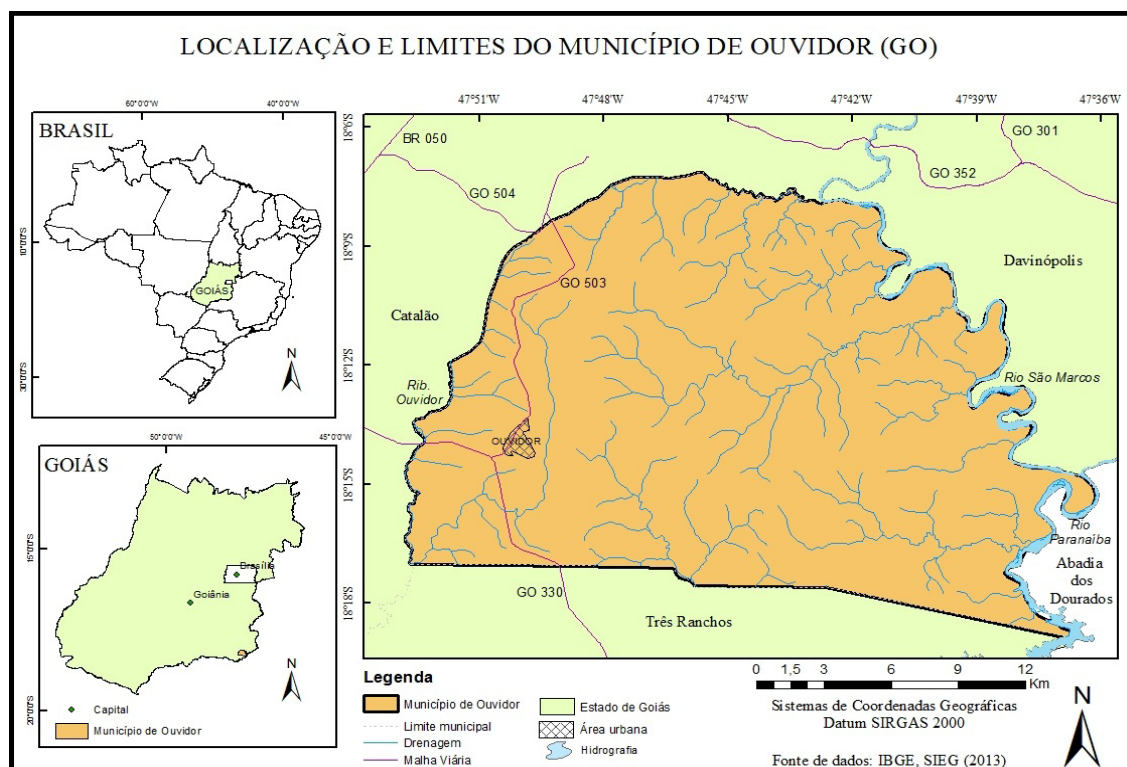


Figura 1 – Localização geográfica do Município de Ouvidor (GO)

Fonte: SIEG (2013). Org. FREIRES, A. S. (2018).

Sua geração de renda e riquezas advém prioritariamente, segundo Freires e Ferreira (2017), do circuito espacial produtivo mineral que, de posse de técnica e ciência através de processos complexos monopolizados por empresas de capital estrangeiro, tem transformado os espaços, com exploração e beneficiamento de Nióbio, Fosfato, Diamante e Vermiculita, dentre outros bens minerais.

Utilizando-se da variável ‘cidades médias’, com entendimento de Spósito (2007), como sendo o espaço do capital corporativo, submetida às novas condições impostas pelo capital, e de Santos e Silveira (2001), de que elas comandam o essencial dos aspectos técnicos da produção regional, o município de Ouvidor, juntamente com o município - cidade média - de Catalão (GO), para o caso do Nióbio e Fosfato, através das mineradoras, Niobras e Copebrás, empresas vinculadas ao grupo de capital chinês, *China Molybdenum Co. (CMOC)*, operação conforme Figura 2, se destacam, segundo Gonçalves (2016), no cenário internacional, com produção voltada para exportação e, que somado ao montante comercializado em Minas Gerais, fazem do Brasil o maior produtor de Nióbio do Mundo, cujas reservas Goianas (Catalão e Ouvidor) aparecem como sendo a segunda maior oferta no País (DNPM, 2007).



Figura 2 - Exploração Mineral nos limítrofes de Ouvidor (GO) com Catalão (GO)

Fonte: Imagem *Google Earth* com limite municipal do SIEG (2013). Org.: FREIRES, A. S., (2018).

Além dessas empresas, o Grupo Norte-americano Mosaic Fertilizantes (Fosfato), e a Five Star Mineração (Diamante), empresa de origem Australiana, alavancam o setor no Município e contribuem para que o Estado de Goiás, considerando a produção mineral beneficiada, excluindo petróleo e gás natural, permaneça como o 3º maior arrecadador da produção mineral em 2017 (DNPM, 2017).

Nesse contexto, o município de Ouvidor se desenvolve apoderado pela indústria mineral, com seu aparato estruturante que, segundo Silva (2010), é formado por três eixos: montante, *stricto sensu* e jusante, dentre os quais sobressaem: monoculturas de eucalipto, minas a céu aberto, construções prediais, represas de rejeitos, depósitos de estéril, rodovias, fluxo de veículos (carretas, ônibus), pessoas (trabalhadores diretos e terceirizados), informações (comandos, normas, treinamento), redes de energia e minerodutos, além de indústrias fornecedoras de produtos/serviços diversos e a cadeia consumidora, que não se localiza localmente, configurando uma paisagem socioespacial e econômica complexa.

Em meio a esses fixos e fluxos, forma-se o circuito espacial da produção mineral, cujos alicerces estão na modernização tecnológica, imbricada aos grandes monopólios e com poder no mercado financeiro (SANTOS, 2004). Num arranjo propício para reprodução do capital, no circuito prevalece, de forma articulada, produção, circulação e consumo, por meio de distintas redes geográficas, em torno das Empresas mineradoras, para produzir um espaço de fluxos horizontais e verticais (SILVA, 2014).

Esse circuito destaca-se como o maior fluxo econômico do Município, fazendo do Setor industrial o maior gerador de riquezas, de acordo com o Instituto Mauro Borges (IMB, 2015), uma realidade que se assemelha com apenas 8,5% dos municípios de

Goiás. Ainda, segundo o IMB, em 2015, 60,3% do total do PIB local teve origem nesse setor, mesmo num contexto de perda de espaço da Indústria, nos últimos anos, na estrutura produtiva do Estado.

Já a agropecuária, atividade que forma a maior rede concentradora de áreas, vivenciou a modernização da agricultura, experimentada a partir da década de 1970, que segundo Matos (2014), com a tecnificação do setor, caracterizado pelo grande número de máquinas, insumos químicos, biotecnológicos e complexos modais de escoamento. (SILVA; MAIA, 2011).

Quanto ao meio rural, para Melo (2008), no município de Ouidor, essa modernização do espaço rural tem ocorrido num tempo mais lento e de maneira menos intensa, observando o contexto cultural regional da região Sudeste de Goiás e a configuração nacional do Cerrado como celeiro da produção de grãos e carnes. A referida autora destaca que a composição municipal se dá principalmente por pequenas propriedades rurais, 360 estabelecimentos, conforme Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2018), a maioria familiar, e a produção agropecuária, retornando a Melo (2008), não está voltada essencialmente para exportação, mesmo com inserção da soja, a partir de 2005, mas também numa pecuária leiteira que abastece o consumo regional.

Recorrendo a Santos (2006), sobre o acúmulo da técnica, com entendimento que as épocas se distinguem pela forma de fazer, e que as redes não podem ser concebidas somente pelo presente, pois dependem do passado, volta-se para a ocupação inicial registrada no Município que, conforme relatos de Melo (2008), data do século XVIII, pela passagem das expedições exploratórias, em busca de ouro e índios, e pelos caminhos do gado.

No século XIX, com a formação das fazendas tradicionais e expansão pecuária no Cerrado Goiano, Ramos (1988) relata que produtos como açúcar, rapadura, aguardente, ração para animais, canjica, fubá e farinha de moinho, dentre outros, produzidos nos engenhos e monjolos da região eram comercializados em cidades vizinhas.

No século XX, a expansão da Rede Ferroviária figura como importante ferramenta da economia vigente, impulsionando municípios, como Ouidor, criado em 1953 após construção da Estação da Estrada de Ferro da Rede Mineira de Viação (JACOB, 2016).

Em 1950, 88% da população humana ouidorense, segundo IBGE (2000), residia na zona rural, cultivando abóbora, algodão, arroz, cana-de-açúcar, feijão, banana, laranja, dentre outros produtos. Na época, a pecuária bovina era a maior fonte econômica do Município, e existiam apenas 11 estabelecimentos comerciais varejistas na Cidade. O pujante setor industrial de hoje resumia-se à exploração de pedras para construção civil, e lenha e dormentes para uso na ferrovia.

No caminhar pelos 65 anos de história do Município, além do rural, o urbano passou a ser espaço da produção e do consumo, com mudanças na urbanização, na distribuição espacial da população humana e, conseqüentemente, na própria Cidade

(MELO, 2008).

Recorrendo a Arrais (2013), que corrobora afirmando que a urbanização refere-se às transformações do mundo contemporâneo e foge das armadilhas entre urbano e rural, e com as ressalvas de Batista de Deus, Chaveiro e Borges (1998, p. 17), que “[...] a urbanização é geral, totalizadora, a cidade é específica, particular”, Moreira (2001) apresenta uma visão geral, porém que se aplica às especificidades de Ouvidor, se tratando da evolução das cidades. Ainda nesse contexto, Moreira (2001) afirma que:

A história do espaço urbano é a história da técnica urbana, comercial, primeiro, industrial, a seguir, e por fim dos serviços. A cidade nasce ligada ao surgimento do excedente rural, dentro do ordenamento espacial da primeira revolução agrícola. Desde então, cada marco de ruptura técnica é uma ruptura na forma e estrutura do espaço da cidade, rearrumando as feições de sua paisagem. (MOREIRA, 2001, p. 18).

Na dinâmica da paisagem, com a reorganização espacial, segundo o IBGE (2018), a população estimada em Ouvidor é de 6.549 pessoas, sendo esta prioritariamente urbana, e tendo alcançado a marca de 87,98% da população total em 2010. Para Batista de Deus (2004, p. 192), “Podemos considerar os núcleos populacionais de pequeno porte do Estado de Goiás, localidades com menos de 20 mil habitantes, como núcleos urbanos e não como núcleos rurais”, assim Ouvidor classifica-se como sendo uma cidade de porte pequeno.

Questiona-se essa qualificação através de Santos (1982), que para ele, a generalização das cidades em categorias populacionais é considerada perigosa, pois o urbano é antes de tudo qualitativo e possui aspectos próprios. Por isso o referido autor chama a menor unidade hierárquica das cidades como cidade local, e atribui a essa, a reponsabilidade de atender as necessidades mínimas de sua população humana.

Para compreender a cidade por essa premissa, é possível, de acordo com Santos (2004), analisá-la através das divisões do trabalho coexistentes, por meio dos circuitos da economia urbana: superior e o inferior, os quais se distinguem em função dos diversos setores, graus de tecnologia, capital intensivo e organização das atividades urbanas, de forma que, bem organizado e com circulação de capital e uso de tecnologias, têm-se o circuito superior, e o contrário caracteriza o circuito inferior.

Contribui para essa discussão, Montenegro (2013, p. 38), que assim descreve o circuito superior: “[...] composto pelos bancos, comércio e indústria de exportação, indústria moderna, serviços modernos, atacadistas e transportadores - é o resultado direto das modernizações que atingem o território.” Em Ouvidor o setor é formado por indústrias de alimentos, cerâmica e de tecnologia, respectivamente Sakura Alimentos, Cerâmica Paraíso e JAMP Aquakent, e comércios familiares e prestadores de serviços particulares, como dentistas, médicos, advogados, contadores, instituições bancárias (Itaú e Lotérica/Caixa Econômica Federal), academias de ginástica, lojas de telefonia,

dentre outros serviços típicos do momento contemporâneo, porém de atendimento local, formando a malha urbana, conforme Figura 3.



Figura 3 – Vista aérea da cidade de Ouvidor (GO)

Fonte: Município de Ouvidor (2014).

Os serviços básicos como saúde, educação, ação social, esportes e lazer são disponibilizados gratuitamente aos cidadãos locais, e há disposição de equipamentos públicos, dentre eles escolas, hospital, unidades básicas de saúde, praças e biblioteca municipal (MUNICÍPIO DE OUVIDOR, 2014). Mas a capacidade do poder local é ampliada, segundo Melo (2008), pela arrecadação advinda das atividades da mineração, com provimento de custos para eventuais serviços não ofertados na Cidade, como Ensino Superior, medicamentos e tratamentos médicos de alta complexidade.

Segundo Corrêa (2012), as redes simultaneamente sociais e espaciais, são constituídas por localizações interconectadas, e a interação com Catalão (GO), cidade média mais próxima, é fundamental, também, para abastecimento do setor automotivo, de insumos modernos para agricultura. Essa interconectividade é ampliada na conjuntura da exploração e beneficiamento mineral, corroborando, ainda, com Sposito (2004), quando afirma que não há como estudar as pequenas cidades, seus papéis e significados sem o seu entorno, pois a compreensão advém da composição desse cenário, configurando que a compreensão da paisagem deve ser regional.

Pensar a rede urbana para a cidade pequena perpassa pela sua intrínseca articulação pelo circuito inferior da economia urbana que, em Ouvidor, segundo Melo (2008), é formado por pequenos produtores rurais familiares, comerciantes da feira local, além de trabalhadores informais de serviços domésticos em residências e em obras da construção civil.

As especificidades na territorialidade, demonstradas nesse trabalho, seja na cidade ou no Município, externam o dinamismo na (re) organização do espaço, embora para Santos (2006), a heterogeneização seja ocultada e pouco explorada. No contexto exposto, mesclam-se antigas realidades com novos processos, num hibridismo, segundo o mesmo autor, suscetível de ajustes, “[...] presidido pelo mercado e pelo

poder público, mas sobretudo pela própria estrutura socioespacial.” (SANTOS, 2006, p. 189).

Fruto, principalmente das atividades produtivas, Ouvidor se mostra distinto de tantas outras pequenas cidades, evidenciando, conforme IMB (2015), a elevada desigualdade na distribuição da produção entre os municípios Goianos. O pequeno Município figura, ao lado de cidades e municípios de portes distintos, entre os maiores PIB's *per capita* (O Produto Interno Bruto (PIB), quando dividido pela quantidade de habitantes, traz o valor per capita, que considera a dimensão econômica do desenvolvimento (IMB, 2015)) do Estado, tendo ocupado em 2010 a 10^a posição, em 2015 a 7^a, e em 2016 a 6^a, numa rede totalitária de 246 Municípios que constituem o Estado de Goiás.

Ampliando para além do econômico, sob a perspectiva do desenvolvimento humano, no ano de 2010, de levantamento censitário, segundo o IBGE (2018), Ouvidor (GO), ocupava a posição de número 617 em relação a todos os Municípios do Brasil, e o lugar de número 9 em relação aos Municípios do Estado de Goiás, com o IDH de 0,747, classificado como “alto”, reflexo da qualidade de vida de sua população.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A construção metodológica do presente trabalho consistiu de três fases: fundamentação teórica-conceitual (pesquisa bibliográfica), levantamento de dados (pesquisa documental) e construção em laboratório, na consecução dos documentos cartográficos e para promover a discussão do tema pesquisado e alinhado à questão local, para o recorte espacial escolhido.

Para os caminhos propostos foram necessárias leituras, consultas e fichamento de artigos, dissertações, revistas especializadas, livros, boletins informativos, arquivos de Instituições, dentre outros, para a definição de pequena cidade, redes e espaço, bem como para levantamento dos dados históricos, e socioeconômicos inerentes ao município de Ouvidor, no que tange ao território, ambiente, população humana, espaço urbano e economia, através da produção mineral e atividades agropecuárias.

A discussão teórica-conceitual permeou principalmente pelos pesquisadores Melo (2008), para cidade pequena, cuja área de estudo é formada pelas pequenas cidades da Microrregião de Catalão (GO), incluindo Ouvidor; Endlich (2006), para papéis e significados das pequenas cidades. Santos (2006), Corrêa (2012) e Silva (2010, 2014) foram a base para construção teórica sobre redes; enquanto que Santos (2004), Silveira (2004), Sposito (2004), Carlos (2007) e Corrêa (2012), auxiliaram na discussão relacionada à espaço urbano e cidades, entre outros trabalhos que retratam o local/regional.

Já na pesquisa documental, que se trata de Ouvidor e sua dinâmica sócio espacial, foram consultados Ferreira (1996), Chaves et al (2004), Melo (2008), o Plano Municipal de Saneamento Básico, através do Município de Ouvidor (2014), Jacob

(2016), Freires e Ferreira (2017), além dos bancos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), entre outras referências que tratam da temática pesquisada.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Ouvidor (GO) vivenciou os distintos períodos descritos por Santos (2006), do natural ao técnico-científico-informacional, com inserção de técnicas modernas, consolidado pelo circuito espacial da produção mineral. Dada essa conjuntura, o Município distingue-se da maioria dos Municípios vizinhos de pequeno porte, pelo apoderamento do lugar por atores externos e transformação do cotidiano e da realidade, confirmando a teoria de Milton Santos de que “[...] o período técnico-científico-informacional é a cara geográfica da globalização.” (SANTOS, 2006, p. 160).

Essa adaptação às externalidades reflete também na prestação de serviços, pois a cidade de Ouvidor, apesar de ser considerada pequena, possui uma rede diversificada, e a cada dia empresas, prestadores de serviços e pessoas optam por esse lugar. É fato que as técnicas não chegam aos mesmos lugares ao mesmo tempo, e o recorte da pesquisa se apresenta como sendo um local luminoso no contexto, regional, estadual e até nacional das pequenas cidades, com ‘produtividade espacial’ (SANTOS, 2006, p. 166), ou seja, que se destaca pela possibilidade de oferecer rentabilidade aos investimentos, no contexto da ‘guerra dos lugares’.

Com sua cadeia de fixos e fluxos, o Município possui atributos que o projeta como um dos PIB’s *per capita* mais expressivo do Estado, dentre os dez maiores geradores de renda, de acordo com Instituto Mauro Borges (2015), em comparação aos demais Municípios Goianos, e faz parte no Estado, de acordo com a classificação de vulnerabilidade social, a um grupo de apenas 49 Municípios, que possuem boa perspectiva demográfica e bom mercado de trabalho, relacionados à escolaridade da população, com oportunidade de estudos, inclusive superior, aos menores índices de desocupação e pobreza, e à boa remuneração dentre os trabalhadores, corroborando com IBGE (2018), que projeta Ouvidor, em 2010, 2011 e 2016, como o município número 1 no ranking Estadual de melhor rendimento médio mensal dos trabalhadores formais.

Assim, o município de Ouvidor compõe uma rede estruturada que oferece um conjunto de recursos que facilitam o acesso aos ativos pelos indivíduos, tanto por parte do Estado, quanto do mercado (IMB, 2018).

Contudo, essa vitalidade e dinamicidade se atribuem essencialmente ao binômio - setor industrial mineral e poder público - visto que as demais atividades pouco drenaram a riqueza produzida no entorno, o que projeta a sua estrutura urbana e econômica como frágil (MELO, 2008). O Estado é atuante, ofertando inúmeros serviços assistenciais, dados as taxas e impostos inerentes ao atenuante circuito espacial, porém essa autonomia em longo prazo pode não se sustentar, no caso de esgotar-se

a exploração dos recursos minerais.

Para Silveira (2004, p. 60) a cidade não é apenas lugar do circuito superior, “[...] mas também do trabalho não especializado, das produções e serviços banais, das ações ligadas aos consumos populares”. Assim, pode-se afirmar que Ouvidor tem outro lado, carregado das generalizações de pequena cidade: local tranquilo de pessoas conhecidas, de fluxo reduzido de pessoas e veículos, de pequena dimensão demográfica, de tradições ligadas ao campo, de bons indicadores sociais (segurança, lazer, moradia), boas condições socioambientais, de festas religiosas tradicionais, de comércios familiares, mas também de tendência de envelhecimento populacional (MELO, 2008).

Tais antagonismos demonstram que, no Município, prevalece o hibridismo apresentado por Haesbaert (2008), dado a contemporaneidade da técnica, ciência e informação tão envolvidos no processo produtivo industrial, mesclados com o tempo lento de modernização no campo e o ritmo de uma pequena cidade, ainda com traços de antigas realidades, corroborando com Moreira (2001), que afirma que o híbrido domina o espaço, e com Santos (2006), sobre o entendimento de que o espaço geográfico pode ser compreendido como uma acumulação desigual de tempos e experiências vividas, valendo a sua coexistência num lugar.

Indo além, a desigualdade posta é reflexo do sistema econômico que arraiga processos de produção e reprodução, reafirmando a tese de Carlos (2007), que o espaço geográfico é social. Numa análise do mundo moderno a autora explicita: “[...] o capitalismo se modifica mudando o mundo, reproduzindo constantemente novos valores, uma cultura, comportamentos, desejos, etc., [...], estabelecendo a predominância do espaço sobre o tempo” (CARLOS, 2007, p. 62). Embora prevaleça a totalidade, em processos de circulação, troca, distribuição e consumo, dentre outros, a dinâmica socioespacial atribui uma dimensão que singulariza o lugar.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As redes que formam a territorialidade do espaço, seja o município ou a cidade, influenciam e os tornam especialmente peculiares, devido aos processos locais, agentes sociais envolvidos, características socioculturais e ambientais que o compõe, e a sua interação na economia globalizada, dado o aparato técnico e informacional, permite que, grupos aparentemente iguais podem apresentar exímias diferenças.

Desse modo, Ouvidor (GO), embora esteja classificada como pequena cidade e possua seus atributos genéricos típicos, é essencialmente distinta de outras tantas pequenas cidades, dado as dificuldades teórica e empírica, segundo Melo (2008), para abordagem e suas espacialidades, ainda que agrupadas numa mesma categoria.

Do recorte espacial pesquisado, é possível afirmar que está inserido num mercado Estadual, Nacional e Global, devido ao circuito espacial da produção mineral, centrado nas mineradoras transnacionais e suas redes. Além disso, prevalece no

circuito superior da economia urbana, o acesso da população humana, ainda que de hábitos tradicionais e simples, aos objetos técnicos modernos e bens coletivos, que fomentam novos fluxos e fluxos incessantemente.

O dinamismo vinculado a esses circuitos torna a cidade pequena próspera e “atrativa”, permitindo fluidez de produtos, mas também de bens imateriais, como expectativas, investimentos e serviços que subsidiam o contínuo desenvolvimento socioeconômico, em consonância com a atuação satisfatória do poder público municipal.

Embora a eficiente e racional rede público-privada, vinculada socioeconomicamente à mineração, garanta atualmente ao município de Ouvidor luminosidade e robustez, faz-se necessário fortalecer atividades alternativas já desenvolvidas, como outros tipos de indústrias, agricultura, pecuária e a redes de serviços, ou até mesmo promover e oportunizar o desenvolvimento de outras novas oportunidades, como o turismo (ecológico ou o rural, por exemplo), dado que as redes são mutáveis, se opõem, se sobrepõem e se complementam, e se desmontadas ou reagrupadas reconfiguram o espaço e suas paisagens.

As reservas minerais, base para as redes corporativa e financeira do circuito espacial da produção no Município, possuem plano de exploração com prazo determinado, e a falta de planejamento pode configurá-lo como um local nada estratégico para o sistema mundial se manter e reproduzir, fardando a rede urbana da pequena cidade à estagnação, com novos atributos latentes nada desejáveis como desemprego, êxodo e baixo capital de investimento e circulação, exigindo tomada de decisões futuras, visando a sustentabilidade social, econômica, ambiental e cultural do Município.

Afere-se, corroborando com Carlos (2007), que o processo de reprodução envolve a produção da vida material em seu sentido amplo, sendo que em cada momento histórico surgem novas perspectivas para sua realização, produzindo relações sociais, modo de vida e valores, configurando como desiguais e contraditórios o processo de intervenção no espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

ARRAIS, T. A. **A produção do território Goiano**: economia, urbanização e metropolização. Goiânia: Editora da UFG, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Informação e documentação - citações em documentos - apresentações: NBR 10520. Rio de Janeiro, ago. 2002. 7p.

_____. Informação e documentação - referências - elaboração: NBR 6023. Rio de Janeiro, NOV. 2018. 21ª ed., 74 p.

BATISTA DE DEUS, J. **O Sudeste Goiano e a desconcentração industrial**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003 (Coleção Centro-Oeste de Estudos e Pesquisas).

BATISTA DE DEUS J.; CHAVEIRO, E. F. BORGES, L. C. P. Olhar o centro e ver a cidade mover-se. In: **Revista Geosp**, São Paulo, n. 04, p. 69-79, 1998.

CARLOS, A. F. A. **O lugar no/do mundo**. São Paulo: Labur Edições, 2007, 85p.

CHAVES, M. R.; FERREIRA, I. M.; SILVA, A. S. da; LIMA, J. D. **Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo e Monitoramento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ouvidor (GO)**. 2004. 63 f. Relatório Técnico (Iniciação Científica PROINPE–CNPq/ SECTEC – GO) – Departamento de Geografia, UFG, Campus Catalão. Catalão. 2004.

CORRÊA, R. L. Redes geográficas: reflexões sobre um tema persistente. In: **Revista Cidades**, v. 9, n. 16, p. 199-218, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. **Informe mineral Centro-Oeste**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-regionais/informe-mineral-do-centro-oeste-2007>>. Acesso: 15/02/2018. 2007.

_____. **Informe Mineral 1º/2017**. Janeiro/Junho 2017. Disp. em:<<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes>>. Acesso 15/02/2018.

ENDLICH, A. M. **Pensando os papéis e significados das pequenas cidades do Noroeste do Paraná**. Tese (doutorado). 505 p. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente. 2006.

FERREIRA, I. M. **As relações morfoopedológicas em Formações Superficiais de Cimeira: o exemplo do Complexo Dômico de Catalão (GO)**. 1983. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 1996.

FREIRES, A. S.; FERREIRA, I. M. Impactos socioambientais decorrentes do uso dos recursos hídricos no município de Ouvidor (GO). In: Simpósio de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão, 5, 2017. **Anais...** E-book no prelo. Catalão: Universidade Federal de Goiás/ Regional Catalão.

GONÇALVES, R. J. de A. F. **No horizonte, a exaustão**: disputas pelo subsolo e efeitos socioespaciais dos grandes projetos de extrativismo mineral em Goiás. Tese (Doutorado). 2016. 515 p - UFG, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia, 2016.

HAESBAERT, R. Dos múltiplos territórios a multiterritorialidade. In: HEIDRICH, A.; COSTA, B.; PIRES, C.; UEDA, V. (Orgs). **A emergência da multiterritorialidade**: a resignificação da relação do humano com o espaço. Canoas/Porto Alegre: Editora ULBRA/Editora UFRGS, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Enciclopédia Municípios Brasileiros de 1958**: estado de Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 2000, v. XXXVI. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_36.pdf>. Acesso jan./2018. 2000.

_____. **Banco de dados do município de Ouvidor (GO)**, 2018. Disp. em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/ouvidor/panorama>>. Acesso em: 20/01/2019.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS - IMB. **PIB dos municípios goianos**. 2015. 35p. Disponível em <<http://www.imb.go.gov.br/pub/pib/pibmun2015/pibmun2015.pdf>>. Acesso em 27 dez. 2017.

_____. **A vulnerabilidade social nos municípios goianos**. Jan. 2018. 40p. Disp. em: <http://www.imb.go.gov.br/down/a_vulnerabilidade_social_dos_municipios_goiano.pdf>. Acesso em 02 de fev. de 2018.

- JACOB, R. M. **Narrativas sobre o primeiro Grupo Escolar do município de Ouvidor-GO**: 1949-1971. 2016. 296 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Goiás, Regional catalão. Catalão, 2016.
- MATOS, P. F. de. Fundamentos teóricos metodológicos para compreensão da modernização da agricultura no Cerrado. In **Campo-Território**: Revista de Geografia Agrária, v. 9, n. 18, edição especial do XXI ENGA-2012, p. 1-13, jun., 2014.
- MELO, N. A. de. **Pequenas cidades da microrregião geográfica de Catalão (GO)**: análises de seus conteúdos e considerações teórico-metodológicas. 2008. 527 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
- MONTENEGRO, M. R. Reflexões para uma teoria da localização da economia popular nas metrópoles brasileiras. In: **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 3, n.1: AGB: Campinas, 2013.
- MOREIRA, R. As categorias espaciais da construção geográfica das sociedades. In: **Revista GEOgraphia**, v. 3, n. 5, p. 15-32, 2001.
- MUNICÍPIO DE OUVIDOR – **Plano Municipal de Saneamento Básico de Ouvidor**. Ouvidor, 353 p., 2014.
- RAMOS, C. **Pequena História de Ouvidor**. Ouvidor: Prefeitura Municipal de Ouvidor, 1988.
- SANTOS, M. **Espaço e sociedade**: ensaios. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1982.
- _____. **O espaço dividido**: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos. Tradução de Myrna T. R. Viana. São Paulo: EDUSP, 2004 [1979]. 433 p.
- _____. **A Natureza do Espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. 2. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. (Coleção Milton Santos; 1).
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. Urbanização: cidades médias e grandes. In: **O Brasil**: território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- SECRETARIA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÕES (SIEG). Governo de Goiás. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento do Estado de Goiás. 2013. **SIEG downloads**: camadas. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br/siegdwnloads/> > Acesso em 10 de maio de 2018. 2013.
- SILVA, M. V. da. **A indústria automobilística em Catalão/Goiás**: da rede ao circuito espacial da produção da MMC Automotores do Brasil S.A. 2010. 431f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.
- _____. Apontamentos teórico-metodológicos para o conceito geográfico “circuito espacial da produção”: estudo de casos em Goiás - Mitsubishi em Catalão e Complem em Morrinhos. In: **Boletim Goiano de Geografia**. V. 34, n. 1, p. 73-91. 2014.
- SILVA, R. F.; MAIA, D. S. A relação cidade-campo e o circuito espacial de produção do algodão colorido orgânico. In: **Revista Geo**, UERJ, ano 13, nº. 22, v. 1, 2011, p 119-147.
- SILVEIRA, M. L. São Paulo: os dinamismos da pobreza. In: CARLOS, A. F.; OLIVEIRA, A. U. de. (Orgs). **Geografias de São Paulo**: representação e crise da metrópole. São Paulo: Contexto, 2004.
- SPOSITO, M. E. B. **O Chão em Pedaçõs**: urbanização, economia e cidades no Estado de São Paulo. 2004. 508f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente. 2004.
- _____. **Cidades Médias**: Espaço em transição. São Paulo: Expressão Popular, 2007.

DIVERSIDADES DE CRITÉRIOS EM AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS SOCIOECONOMICOS

Giseli Dalla Nora

Universidade Federal de Mato Grosso,
Departamento de Geografia, Grupo de Pesquisa
em Geografia Agrária e Conservação da
Biodiversidade – GECA. giseli.nora@gmail.com

Patricia Regina Alves Palermo

Universidade Federal de Mato Grosso,
Departamento de Geografia, Grupo de Pesquisa
em Geografia Agrária e Conservação da
Biodiversidade - GECA

RESUMO: Toda e qualquer ação humana sobre o ambiente natural e cultural deixa seus impactos, entretanto esses impactos podem e devem ser controlados e mitigados, para isso a legislação ambiental brasileira utiliza de estudos que possam mostrar o real impacto humano e como minimiza-los. Estes estudos mapeiam o “*status quo*” do ambiente natural considerando o meio físico e o meio biótico como também considerando o impacto no meio socioeconômico. Assim, um Estudo de Impacto Ambiental- EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, deve ser realizado quando um dado empreendimento será implantado. Este artigo tem por objetivo discutir alguns critérios teóricos metodológicos utilizados na elaboração do EIA/Rima de um aterro sanitário no estado de Mato Grosso. A metodologia que envolve um estudo de Impacto Ambiental é

complexa e necessária, cada uma dos estudos e levantamentos realizados exige o cumprimento de normas específicas presentes no termo de referência do empreendimento. Assim, o meio socioeconômico utiliza-se de pesquisa qualitativa e quantitativa para sua interpretação de resultados bem como utiliza de levantamento de dados primários e secundários para compor e fundamentar suas análises. Como resultado alcançado realizou-se na 1º Etapa: Delimitação das áreas da pesquisa com elaboração de mapas de uso da terra e modalidades de ocupação demográfica. Na 2º Etapa: Coleta e organização de dados secundários (período janeiro a dezembro de 2016) e síntese dos dados secundários e definição dos critérios utilizados para delimitação da área de influência do empreendimento bem como diagnóstico socioeconômico dos municípios impactados pelo empreendimento com base em dados secundários, contendo dinâmica populacional, dinâmica econômica, dinâmica territorial e dinâmica sociocultural. A 3º etapa contou com a análise sistemática dos dados e elaboração de relatório. Assim essas etapas contam com um rigor metodológico que possibilita dar credibilidade para o trabalho

PALAVRAS-CHAVE:

Estudos Socioeconomicos, EIA/RIMA, Aterro Sanitário.

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

Toda e qualquer ação humana sobre o ambiente natural e cultural deixa seus impactos, entretanto esses impactos podem e devem ser controlados e mitigados, para isso a legislação ambiental brasileira utiliza de estudos que possam mostrar o real impacto humano e como minimiza-los. Estes estudos mapeiam o status quo do ambiente natural considerando o meio físico e o meio Biótico como também considerando o impacto no meio socioeconômico.

Assim, um Estudo de Impacto Ambiental-EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, deve ser realizado quando um dado empreendimento será implantado.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA tem papel importante no sistema de gestão ambiental, pois define diretrizes para implementar a Avaliação de Impactos Ambientais AIA, estabelecendo orientação para a formulação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e junto deste, incluindo a necessidade do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) em sua RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Assim, O Impacto Ambiental é definido pela Resolução Conama nº1/86, art. 1º como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas no meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem: I- a saúde, a segurança e o bem estar da população; II- as atividades sociais e econômicas; III- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; IV- a qualidade dos recursos ambientais.

Outros estudiosos do tema são Sanchez (2006) que define os Estudos de Impactos Ambientais como “documento integrante do processo de avaliação de impacto ambiental, cuja estrutura e conteúdo devem atender aos requisitos legais estabelecidos pelo sistema de avaliação de impacto ambiental em que esse estudo deve ser realizado e apresentado”.

Sendo um estudo que projeta cenários futuros com as consequências ambientais futuras de uma ação proposta. O EIA é um estudo que deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar e é de responsabilidade do empreendedor. Deste modo, Ab’Saber (1994, p 53) justifica os objetivos de um EIA:

[...] O objetivo central do estudo de impacto ambiental é simples: evitar que um projeto (obra ou atividade), justificável sob o prisma econômico ou em relação aos interesses imediatos de seu proponente, se revele, depois, nefasto ou catastrófico para o meio ambiente. Valoriza-se, na plenitude, a vocação essencialmente preventiva do direito ambiental, expressa na conhecida máxima: é melhor prevenir do que remediar [...].

Sanchez (2006) aborda essa questão de maneira diferente:

“Se um empreendimento vier a derrubar a vegetação atual, seu impacto deveria ser avaliado não comparando a possível situação futura com a atual, mas comparando situações futuras hipotéticas. Aquela sem a presença do empreendimento proposto

Assim, ao realizar um estudo de Impacto Ambiental, deve-se entender que ele deve ser o mais fidedigno possível, pois ao figurar as questões de impactos ambientais e sociais do empreendimento, sejam eles positivos ou negativos, essas devem procurar descrever a provável situação futura em caso de implantação efetiva do projeto.

METODOLOGIA

A metodologia que envolve um estudo de Impacto Ambiental é complexa e necessária, cada uma dos estudos e levantamentos realizados exige o cumprimento de normas específicas presentes no termo de referencia do empreendimento. Assim, o meio socioeconômico utiliza-se de pesquisa qualitativa e quantitativa para sua interpretação de resultados bem como utiliza de levantamento de dados primários e secundários para compor e fundamentar suas análises. Os estudos foram desenvolvidos através das seguintes etapas:

1º Etapa: Delimitação das áreas da pesquisa:

- Elaboração dos mapas de uso da terra e modalidades de ocupação demográfica.
- Definição dos critérios utilizados para delimitação da área de influência do empreendimento;

2º Etapa: Coleta e organização de dados secundários (período janeiro a dezembro de 2016)

- Síntese dos dados secundários
- Diagnóstico socioeconômico dos municípios impactados pelo empreendimento com base em dados secundários, contendo:

- **Dinâmica populacional:** Caracterização populacional: Demografia e condições de vida da população: Taxas demográficas, saúde, trabalho e renda, educação, condições de moradia, lazer bem como Infraestrutura de serviços: transportes, saneamento, energia elétrica, educação, saúde e também Indicadores sociais.
- **Dinâmica Econômica:** histórico e evolução do setor; caracterização da produção ou serviço; infraestrutura disponível; trabalho e geração de renda e potencial turístico.
- **Dinâmica Territorial:** Planos diretores ou ordenamentos territoriais que legitimem o uso e ocupação do solo atual.
- **Dinâmica Sociocultural:** Aspectos culturais e da organização social e política: como comunidades tradicionais e observações as Normas do *Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)*

3º Etapa: Análise sistemática dos dados e elaboração de relatório.

4º Etapa: Análise dos Impactos e Prognostico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) para o meio socioeconômico do Aterro Sanitário, localizado no Estado de Mato Grosso, foi desenvolvido através de critérios de avaliações de impactos reais e potenciais. Neste contexto a avaliação dos impactos ambientais foi quantitativa, com a determinação de um índice de significância baseado na multiplicação de índices numéricos. Estes índices são atribuídos a diversos critérios de avaliação, e associados a um texto de interpretação.

Comparando-se o índice de significância com uma escala numérica pré-definida, obtém-se a classificação de significância final do aspecto e impacto em análise (significante, pouco significativo e muito significativo), o que permite a sua ordenação (através da matriz de impactos), fundamentando a proposição de medidas e prioridades, e os responsáveis pela implementação.

As informações resultantes da avaliação de cada aspecto e impacto são condensadas nas tabelas de AIA, acompanhadas do texto descritivo com as devidas fundamentações para a avaliação realizada.

Os modelos podem ser observados nos quadros abaixo:

AIA 1 - Modelo de quadro de AIA para Impactos Reais									AIA 2 - Modelo de quadro de AIA para Impactos Potenciais								
Aspecto ambiental		[agente causador do impacto ambiental, porém diferente da atividade geradora]							Aspecto ambiental		[agente causador do impacto ambiental porém diferente da atividade geradora]						
Impacto ambiental		[efeito causado pelo aspecto, alteração das propriedades ou características do meio]							Impacto ambiental		[efeito causado pelo aspecto, alteração das propriedades ou características do meio]						
Ocorrência		R	Temporalidade				P/A/F (CP/MP/LP)		Ocorrência		R	Temporalidade		P/A/F (CP/MP/LP)			
Natureza		POS/NEG		Origem				DIR/IND		Natureza		POS/NEG		Origem		DIR/IND	
Local de atuação do impacto		Fase	Freq	Imp ou rev	Cont ou ver	Abrem	Dur	IS	SIG	Local de atuação do impacto		Fase	Probabilidade	Severidade	IS	SIG	
		P	1	1	1	1	1	1	PS			P	1	1	1	PS	
		I	2	2	2	2	2	a	S			I	2	2	a	S	
		O	3	3	3	3	3	243	MS			O	3	3	243	MS	
		D										D	4	4			
Medidas	Preventivas	[apresentação das medidas]							Medidas	Preventivas	[apresentação das medidas]						
	Mitigadoras	[apresentação das medidas]								Mitigadoras	[apresentação das medidas]						
	Compensatórias	[apresentação das medidas]								Compensatórias	[apresentação das medidas]						
	Potencializadoras	[apresentação das medidas]								Potencializadoras	[apresentação das medidas]						
Responsabilidades		[definição de responsabilidade pela implementação de medidas, especificando o setor da empresa]							Responsabilidades		[definição de responsabilidade pela implementação de medidas, especificando o setor da empresa]						

Modelo para Impactos Reais

Modelo para Impacto Potencial

Para preenchimento desses modelos são utilizados alguns códigos conforme Quadro 01.

Critério de avaliação	Código	Significado
Ocorrência	R	Real
	P	Potencial
Natureza	POS	Positivo
	NEG	Negativo
Temporalidade	P	Passado
	A	Atual
	F CP	Futuro curto prazo
	F MP	Futuro médio prazo
	F LP	Futuro longo prazo
Origem	DIR	Direto
	IND	Indireto
Fase	P	Planejamento
	I	Implantação
	O	Operação
	D	Desativação
Significância	PS	Pouco Significativo
	S	Significativo
	MS	Muito Significativo

A partir da definição dos critérios de avaliação se entende que a *ocorrência* do impacto ambiental possa ser real (r), ou seja, impactos que ocorrem pela atividade do empreendimento. Já os impactos potenciais (p) são aqueles que poderão vir a ocorrer, mas não são certas.

Por *natureza* entende-se que os impactos podem ser positivos (pos) ou negativos (neg). Cada empreendimento beneficia e também traz alguns transtornos para o ambiente que é implantado.

O critério *temporalidade* identifica quanto tempo o impacto ocorrerá. Por futuro em curto prazo se relaciona de 0 a 24 meses da instalação do empreendimento. De futuro de médio prazo de 2 a 5 anos da instalação do empreendimento. Já por futuro de longo prazo identifica-se a partir de 5 anos.

Quando o critério se refere a *origem* do impacto, ele pode ser classificado como origem direta, que se origina do empreendimento em si, e indireta, que se ocasiona por atividades decorrentes do empreendimento, mas não ligada diretamente ao empreendimento.

As *fases* onde ocorre o impacto são as fases de planejamento, implantação, operação e desativação. Entendendo que cada fase apresenta um tipo de impacto na AE e na ADA.

Já o critério *significância* se refere a necessidade de estipular a relevância do impacto frente aos demais impactos estipulados no contexto do empreendimento como um todo. Assim, com a significância estipulada o empreendedor define quais impactos são necessários ser prevenidos, mitigados ou compensados prioritariamente.

Após a aplicabilidade desses critérios metodológicos através dos códigos e índices definidos, foi realizada a caracterização dos impactos para o meio socioeconômico através dos itens.

- Atrações/imigrações populacionais

do estudo, indicando que tipo de informação sobre o ambiente afetado será necessária para prever a magnitude dos impactos, avaliar sua importância e propor medidas de gestão com finalidade de evitar, reduzir e compensar os impactos adversos e maximizar os benefícios.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N.; MULLER- PLANTEMBERG, C. **Previsão de Impactos: o estudo de impactos ambientais no leste, oeste e sul: experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha**. 2. ed. São Paulo:USP, 2006. 571 p. AB'SABER, Azis (Eds.). **Previsão de Impactos**. São Paulo. 1994

BRASIL. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986 – **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para avaliação de impactos ambientais**. Diário Oficial da União, Brasília, 17 fev. 1986.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2006.

MINAYO, M. C; SANCHES, O. . Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? (com debates). *Cadernos de Saúde Pública*, v. 9, n.3, p. 239-262, 1993.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTORES PÚBLICOS: FORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES

Mary Lúcia da Silva Ferreira Lima

Walm Engenharia e Tecnologia Ambiental
São Paulo - SP

Laura Rocha de Castro

Walm Engenharia e Tecnologia Ambiental
São Paulo - SP

Marina Marques Gimenez

Walm Engenharia e Tecnologia Ambiental
São Paulo - SP

Ronei Pacheco de Oliveira

Walm Engenharia e Tecnologia Ambiental
São Paulo - SP

Amanda Baldochi Souza

Nova Transportadora do Sudeste/Transpetro
São Paulo – SP

RESUMO: O papel do gestor público é estratégico na tomada de decisão em relação à gestão de resíduos sólidos dos municípios. Para tanto, é fundamental que ele possua conhecimento, metodologia e ferramentas adequados para elaborar planos, projetos e ações que impactem positivamente a gestão de resíduos sólidos do município. Soma-se a isso a necessidade legal prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS de se implementar Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS em todos os municípios brasileiros e diminuir a

geração de resíduos como um todo.

O Programa de Educação Ambiental do gasoduto Campinas – Rio de Janeiro, PEA GASCAR – Etapa II, teve como proposta trabalhar o tema resíduos sólidos com gestores públicos, catadores, cooperativas e a população dos 33 municípios que se encontram na área de influência do gasoduto GASCAR. De junho de 2017 a fevereiro de 2018 foi desenvolvido o Módulo I do PEA GASCAR, denominado “Capacitação de gestores em Resíduos Sólidos”, tendo como diretriz principal a aplicação prática pelos gestores dos conteúdos disponibilizados. Utilizou-se metodologias participativas, trabalhos práticos em grupo, desenvolvimento de propostas possíveis de aplicação nos municípios, debates e espaços de troca de experiência entre todos. Entre os temas abordados, destaca-se a legislação referente a resíduos sólidos, a PNRS, elaboração de PMGIRS, parcerias público-privadas, mobilização e participação social, educação ambiental, cobrança de taxas, redução da geração de resíduos e coleta seletiva, entre outros.

Ao final do Módulo I, todos os municípios elaboraram um projeto relativo ao tema para aplicar em seu município.

PALAVRAS-CHAVE: Educação ambiental; troca de experiência; resíduos sólidos; licenciamento ambiental.

ABSTRACT: Public managers have a strategic role to play at the decision-making regarding municipal solid waste management. Therefore, it is essential that these actors shall have appropriate knowledge, methods and tools in order to elaborate plans, projects and actions with positive impacts on municipal solid waste management. In addition, the National Policy on Solid Waste (PNRS) establishes as a legal requirement that all Brazilian cities must elaborate and implement specific plans on solid waste management (PMGIRS), aiming to reduce the municipal solid waste production.

The Environmental Education Program – PEA GASCAR, related to a pipeline that carries natural gas from Campinas to Rio de Janeiro, intended to work the solid waste subject among public managers, recyclable material collectors and community, considering the 33 cities connected by GASCAR pipeline. The first stage of PEA GASCAR was developed from June 2017 to February 2018, known as “Empowerment of Public Managers”. Its main goal was to ensure that public managers could become able to implement the contents provided at the program. In this regard, there were used participatory methodologies, team work, group discussions and exchange of experiences, including developing projects to be implemented at their own cities. Among the issues addressed, were: solid waste regulation; the PNRS and PMGIRS implementation; public-private partnership; expenses, taxes and fees associated with solid waste management; reducing solid waste production; selective waste collection, etc.

KEYWORDS: Environmental education; exchange of experience; solid waste; environmental licensing.

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

O Programa de Educação Ambiental do Gasoduto Gascar – PEA GASCAR – Etapa II está relacionado à condicionante para a renovação da Licença de Operação nº 762/2008 do gasoduto. A proposta do programa é trabalhar com temas ambientais na área de influência da faixa do Gasoduto, a qual contempla 33 municípios atravessados pelo Gasoduto. O Gasoduto Gascar, da NTS - Nova Transportadora do Sudeste S.A. e operado pela Transpetro, cobre um trecho entre Paulínia, no estado de São Paulo, até Japeri, no estado do Rio de Janeiro.

A Etapa I do PEA GASCAR foi realizada entre 2011 a 2013, pela empresa Katu Gente & Ambiente, com várias atividades de educação ambiental e um público variado: comunidade escolar, gestores públicos, comunidades rurais, população dos municípios, entre outros.

No final da Etapa I se definiu trabalhar com resíduos sólidos como proposta temática para continuidade do programa e os *stakeholders* envolvidos diretamente com a questão: os gestores públicos, os catadores e cooperativa e a população dos 33 municípios envolvidos. O tema foi escolhido pela relevância para os municípios, pois havia, naquele momento, a urgência em se realizar ações consoantes com as

diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS, ou seja, eliminar os lixões, elaborar o PMGIRS- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, além de realizar ações de inclusão de catadores individuais e promover a formação de cooperativas de reciclagem.

Na Etapa II, 2016 a 2019, em condução pela empresa Walm Engenharia e Tecnologia Ambiental, as ações foram divididas em módulos. No módulo I, se trabalhou com os gestores públicos. No módulo II, com cooperativas e comunidade. No módulo I foi realizada a Capacitação de Gestores em Resíduos Sólidos, com a participação de gestores públicos dos municípios abrangidos pela faixa do Gasoduto.

A primeira ação do PEA GASCAR – Etapa II consistiu em identificar o sujeito da ação educativa dos módulos I e II e realizar o diagnóstico da situação do municípios em relação ao tema resíduos sólidos. Com diferentes realidades, independente da proximidade geográfica, o programa traçou uma estratégia pedagógica que pudesse dar conta de tanta assimetria de conhecimento e nível de atuação dos gestores. Assim como se encontrou municípios incipientes em suas ações de gestão de resíduos sólidos, foram identificados municípios bem estruturados e com gestões em consonância com a PNRS.

O sujeito da ação educativa é majoritariamente adulto, multiplicador e atuante dentro do tema resíduos sólidos, indicando que a educação não formal é pertinente, pois possibilita a *práxis*, ou seja, a mudança material da realidade por meio da reflexão e ação; tal mudança ocorre quando a teoria faz parte da experiência vivida. Segundo Konder (1992):

[...] a atividade concreta pela qual os sujeitos humanos se afirmam no mundo, modificando a realidade objetiva e, para poderem alterá-la, transformando-se a si mesmos. É a ação que, para se aprofundar de maneira mais consequente, precisa da reflexão, do autoquestionamento, da teoria; e é a teoria que remete à ação, que enfrenta o desafio de verificar seus acertos e desacertos, cotejando-os com a prática (KONDER, 1992, p. 115).

Na estratégia adotada para elaborar a capacitação, optou-se por utilizar as bases da educação não formal, já que se tratava de educação voltada para adultos, em espaços de aprendizagem não oficiais, com um viés profissionalizante. Para Gohn (2011):

A educação não formal designa um processo com quatro campos ou dimensões, que correspondem a suas áreas de abrangência. O primeiro envolve a aprendizagem política dos direitos dos indivíduos enquanto cidadãos, isto é, o processo que gera a conscientização dos indivíduos para a compreensão dos seus interesses e do meio social e da natureza que o cerca, por meio da participação em atividades grupais... O segundo, a capacitação dos indivíduos para o trabalho, por meio da aprendizagem das habilidades e/ou desenvolvimento de potencialidades. O terceiro, a aprendizagem e exercício de práticas que capacitam os indivíduos a se organizarem com objetivos comunitários, voltados para a solução de problemas... O quarto e não menos importante, é a aprendizagem dos conteúdos da escolarização formal, escolar, em formas e espaços diferenciados (GOHN, p 107, 2011).

No processo de diagnose do sujeito de aprendizagem, observou-se que o conhecimento adquirido em experiências em resíduos sólidos era relevante e se destacava em alguns gestores. A riqueza deste conhecimento poderia contribuir com outros gestores que atuavam em realidades similares. Optou-se por ferramentas metodológicas dialógicas que propiciassem processos de troca de experiência, nos quais o compartilhamento gera conhecimento.

Todo o processo dialógico de aprendizagem se deu por meio de facilitação de discussão de processos com mediação de grupos, dinâmica de grupo, construção coletiva de projetos, roda de conversa, visita de campo e debates, apresentação das experiências dos municípios, tornando assim o participante qualificado para intervenção em políticas públicas dentro do seu município. Os participantes receberam material didático elaborado com base nas demandas e expectativas observadas durante a capacitação. Para cada encontro, foi disponibilizado um material específico.

Optou-se por continuar a organização dos 33 municípios em regiões. Apenas Piracaia, nesta etapa, solicitou sair da Região 1 para a Região 2. A organização buscou agrupar os municípios por proximidade regional, sendo a Região 1, composta pelos municípios de Atibaia, Bragança Paulista, Campinas, Itatiba, Jaguariúna, Morungaba, Nazaré Paulista e Paulínia. Já na Região 2 estavam Aparecida, Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Guaratinguetá, Igaratá, Lorena, Pindamonhangaba, Roseira, São José dos Campos, Taubaté e Piracaia. Na Região 3, Arapeí, Areias, Bananal, São José do Barreiro e Silveiras. Já a Região 4 era composta pelos municípios do Estado do Rio de Janeiro: Barra Mansa, Resende, Volta Redonda, Japeri, Paracambi, Pinheiral, Piraí e Seropédica.

DESENVOLVIMENTO (OU RESULTADOS E DISCUSSÃO)

O objetivo principal do PEA GASCAR foi contribuir para a melhoria na gestão de resíduos sólidos nos municípios da área de influência da faixa do Gasoduto GASCAR por meio de ações formativas para multiplicadores atuantes nas esferas governamental e não governamental, garantindo a participação qualificada dos sujeitos das ações educativas nos processos de implementação de políticas públicas na temática educação ambiental e resíduos sólidos. Uma das metas do módulo I foi oferecer subsídios para que os municípios pudessem elaborar ou revisar seus PMGIRs.

A capacitação foi estruturada em 8 encontros mensais de 8 horas, em um município de cada região. Cada encontro ocorreu em um município diferente. Apenas na região 3 os encontros aconteceram no município de Areias. Todo o conteúdo foi definido após o diagnóstico, absorvendo também a proposta de temas definidas na etapa I.

A maioria dos gestores estava lotada nas secretarias de meio ambiente, obras e/ou de agricultura e muitos deles foram empossados na gestão iniciada em 2017.

Devido à diversidade de conhecimento dos participantes nos primeiros encontros, o conteúdo foi básico sobre resíduos sólidos, iniciando pelo panorama de resíduos sólidos no Brasil e no mundo, contextualização histórica, legal e conceitual do tema, para que todos os participantes tivessem a mesma base. Após este momento foram trabalhados temas específicos, identificados como demandas emergentes para os municípios. Entre eles estavam o item recuperação de áreas contaminadas, viabilidade econômica, elaboração do PMGIRs e os temas previstos no projeto, tais como coleta seletiva, novas tecnologias, cooperativismo e mobilização, entre outros.

A proposta foi preparar o gestor para atuar com o tema em várias frentes. Seja na elaboração do PMGIR, como na formação de cooperativa e na mobilização da população para participar das ações de gestão de resíduos sólidos promovidas pelo município.

Em cada encontro, o município sede apresentava a sua gestão de resíduos sólidos ou projeto específico da área. Tal atividade foi intitulada “Espaço de Trocas”. É importante destacar que as trocas aconteciam durante toda a capacitação.

Além das atividades em sala de aula, no quarto encontro houve uma visita técnica a Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos da URBAM- Urbanizadora Municipal e ao Centro de Compostagem do Parque das Cidades, em São José dos Campos.

Como uma atividade prática, foi proposta aos participantes entregar um trabalho final relativo ao tema que pudesse ser aplicado no município. Entre os projetos apresentados estavam coleta seletiva rural, proposta de elaboração do PMGIR, melhorias na gestão de resíduos sólidos dos municípios e projeto específico para monitoramento de descarte de RCC (Resíduos da Construção Civil), entre outros.

CONCLUSÃO

A troca de conhecimento entre os gestores foi um dos maiores ganhos do projeto. Gestores oriundos de diferentes realidades contribuíram, tiraram dúvidas e puderam se identificar com a realidade de outros municípios, compartilhando dificuldades, queixas e soluções que extrapolavam o tema resíduos sólidos e tangenciavam questões relativas à aplicação e gestão das políticas públicas.

Durante a capacitação, os gestores solicitaram um grande encontro com todos os gestores das quatro regiões. O encontro aconteceu em março de 2018.

Enquanto diretriz do PEA GASCAR, a proposta de seguir a metodologia e temas previstos inicialmente se manteve, aliada à proposta de flexibilidade de inserção de novos temas e ações devido às demandas que surgiam no decorrer dos encontros. Tal flexibilidade proporcionou uma capacitação mais aderente com os interesses e demandas emergentes dos gestores. Uma das ações foi o encontro citado acima.

Outro resultado da capacitação foi a percepção da importância da educação ambiental na gestão de resíduos sólidos. No início, alguns gestores não conseguiam fazer tal ligação. No decorrer da capacitação, foi ficando cada vez mais clara a interação

entre educação ambiental e redução do descarte de resíduos, incluindo o impacto econômico nos cofres públicos. Quanto mais a população está esclarecida e pratica a coleta seletiva, mais diminui o custo com recuperação de áreas contaminadas e com a destinação final dos resíduos.

É importante destacar que, durante toda a capacitação, os gestores foram concluindo que a educação ambiental não se restringe à escola e à população, mas também para outros gestores e tomadores de decisão, como secretários de diferentes pastas, vereadores e seus assistentes.

No final da capacitação foi aplicada uma avaliação em que 73% dos participantes consideraram o Módulo I ótimo e 27% bom.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a NTS, Transpetro e WALM Engenharia Ambiental pela oportunidade, apoio e confiança na equipe para desenvolver o PEA GASCAR. Todo o programa está sendo desenvolvido com base em metodologias participativas e inclusivas, proporcionando a troca e valorização do conhecimento dos participantes, contribuindo diretamente para uma melhoria na qualidade de vida dos municípios.

REFERÊNCIAS

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Ed Paz e Terra. Rio de Janeiro. 1996.

GONH, M. G. **Educação Não Formal, Aprendizagens e Saberes em Processos Participativos** Revista Investigar em Educação (Revista da Sociedade Portuguesa de Ciência da Educação). Disponível em: <http://pages.ie.uminho.pt/inved/index.php/ie/article/view/4>. Acesso: março de 2017.

GOHN, Maria da Glória. **Educação Não formal e Cultura Política: impactos sobre o associativismo do terceiro setor**. Ed. Cortez. São Paulo. 2011.

ILLERIS, Knud. **Teorias Contemporâneas de Aprendizagens**. Ed. Penso. Porto Alegre. 2013

KONDER, Leandro. **O futuro da filosofia da práxis: o pensamento de Marx no século XXI**. Paz e Terra. Rio de Janeiro. 1992.

SILVA FILHO, Carlos Roberto Vieira da. **Gestão de Resíduos Sólidos: o que diz a lei**. Ed Trevisan. São Paulo. 2012.

TAVARES, Simone de Castro. **Metodologia de Avaliação de Projetos Sociais**. Ed. Cortez. São Paulo. 2016

ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO

Fernanda Valinho Ignacio

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Bruno Teixeira Lima

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UFF – Universidade Federal Fluminense
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Juliano de Lima

CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

RESUMO: Com o intuito de subsidiar a construção de um trecho do sistema viário do Centro Metropolitano, localizado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, foram executadas investigações geotécnicas de campo e laboratório a fim de se realizar estudos para soluções de aterros sobre solos moles. Devido as características desfavoráveis do espesso depósito argiloso na região, inviabiliza-se a simples implantação das vias devido à elevada magnitude dos recalques gerados pelas cargas oriundas dos aterros viários e do tráfego previsto. No presente trabalho, estudou-se a solução de Colunas de Brita e sua capacidade de redução da magnitude dos recalques e redução do tempo de adensamento das camadas compressíveis. A partir dos resultados obtidos, comprova-se a eficiência da utilização da técnica de Colunas

de Brita para o trecho estudado, tendo em vista que o tratamento proposto proporcionou um Fator de Redução de Recalques (FRR) que atende a magnitude dos recalques esperados no Relatório de Urbanização da Baixada de Jacarepaguá e o uso da técnica apresentou uma alta redução no tempo de adensamento da camada compressível.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Moles, Colunas de Brita, Aterro, Recalque.

ABSTRACT: In order to subsidize the construction of a section of the Metropolitan Center road system, located in the West Zone of the city of Rio de Janeiro, geotechnical field and laboratory investigations were carried out to provide studies for landfill solutions on soft soils. Due to the unfavorable characteristics of the thick clay deposit in the region, the simple implementation of the roads is not possible due to the high magnitude of the settlements generated by the landfill loads and the expected traffic. In the present work, the solution of Stone Columns and its capacity to reduce the magnitude of the settlements and the time of consolidation of the compressible layers were studied. Based on the results obtained, the efficiency of the Stone Columns technique is proven for the studied section, considering that the proposed treatment provided a reduction factor of settlements (FRR) that attends to the

magnitude of the expected settlements in the Report of Urbanization of the Baixada de Jacarepaguá and the use of the technique presented a high reduction in the time of compacting of the compressible layer.

KEYWORDS: Soft soils, Stone Columns, landfill, Settlements.

1 | INTRODUÇÃO

Com a expansão contínua dos centros urbanos, muitas vezes torna-se inevitável a execução de obras em áreas que devido à presença de solos moles, apresentam características geotécnicas complexas e desfavoráveis.

No Rio de Janeiro, os solos moles podem ser encontrados principalmente na Baixada de Jacarepaguá, região localizada na Zona Oeste da Cidade, onde há ocorrência de espessos depósitos desta natureza. Depósitos de solos moles, em geral, possuem baixa capacidade de suporte, alta compressibilidade e baixa permeabilidade. E quando solicitados, podem originar problemas de recalque e estabilidade.

Atualmente existem inúmeras técnicas disponíveis para se contornar os problemas citados, sendo possível adotá-las não só individualmente como em conjunto. Dentre essas técnicas, o tratamento do solo com colunas de brita melhora a capacidade de suporte, reduz a magnitude dos recalques, aumenta a condutividade hidráulica do solo e conseqüentemente, acelera o tempo de adensamento das camadas compressíveis.

O objetivo do presente estudo é simular e analisar a eficiência do tratamento de solo com o uso da técnica de colunas de brita em um determinado trecho do sistema viário do Centro Metropolitano, área pertencente ao Plano Piloto para a Urbanização da Região da Baixada de Jacarepaguá e que possui ocorrência de argila muito mole de até 16 m de espessura.

Para tal, são comparados os recalques e as curvas recalque versus tempo para as condições sem tratamento e com tratamento do solo utilizando a solução de colunas de brita.

2 | COLUNAS DE BRITA

Dentre as diversas técnicas de melhoramento de solos, a execução de colunas de brita compactadas possui grande potencial de aceleração e redução dos recalques, aumento da capacidade de carga e melhoria da estabilidade global em solos moles.

Lima (2012) ressalta que além das características citadas anteriormente, é uma solução que pode ser utilizada em outros tipos de fundações que não permitam recalques consideráveis e não somente em solos moles.

Segundo Lima (2012) e Priebe (1995), O principal conceito da melhoria de solos com colunas de brita envolve a substituição de 10% a 50%, em área, do solo compressível pelo material granular. A inclusão de um material granular além de tornar o conjunto colunas-solo mole mais rígido, cria uma interação com o solo circundante e

atraindo assim uma grande parte da carga aplicada, sendo também capaz de reduzir deslocamentos verticais e horizontais e por serem de um material com granulometria superior do que a do solo original, comportando-se como drenos, criando uma rede de fluxo preferencial.

De acordo com Roza (2013), as colunas de brita podem ser construídas com ou sem o encamisamento, composto de um geossintético que tem como função principal a diminuição de deformações verticais por confinamento radial, atuando também como um separador entre o material granular e o solo natural.

O presente trabalho aborda o uso de colunas de brita sem o uso de encamisamento e pelo método de vibrosubstituição, tendo em vista que essa prática tem se apresentado como uma alternativa economicamente vantajosa e cada vez mais adotada no Brasil (Lima, 2012).

Execução da técnica de colunas de brita

De acordo com Domingues (2006), a execução de uma coluna de brita consiste basicamente na confecção de um furo circular de diâmetro e comprimento determinados, o respectivo preenchimento com brita e sua compactação feita de baixo para cima. A forma como uma coluna de brita é executada depende da tecnologia que será empregada, sobretudo no que se refere a elaboração do furo e a compactação do material granular.

A Figura 1 ilustra a execução de uma coluna de brita pelo método de vibrosubstituição, que é a tecnologia mais empregada atualmente.

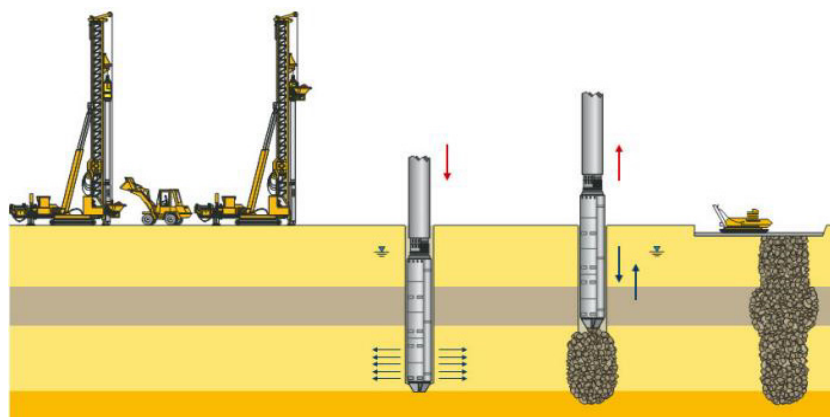


Figura 1 - Execução de colunas de brita pelo método de vibrosubstituição (Keller, 2013)

O processo de execução inicia-se com o preenchimento da caçamba com a brita, que é içada e transferida para o tubo vibratório. Logo após a transferência do material granular, penetra-se o vibrador no solo por jateamento de água (*wet system*) ou ar comprimido (*dry system*) com o objetivo de formar um furo de diâmetro maior que o do vibrador. (Domingues, 2006; Kirsch, 2010)

Ao atingir a cota desejada, introduz-se a brita no furo formado durante a penetração no solo. Com curtos movimentos descendentes e ascendentes do vibrador, a brita é

vibrada e depositada ao mesmo tempo mais material é inserido no furo. Esse ciclo de operação é realizado até a superfície do terreno, quando se finaliza a formação da coluna. (Kirsch, 2010)

Com a introdução da coluna no solo mole, há inicialmente um aumento da poropressão. A partir do processo de adensamento, ocorre a dissipação do excesso de poropressão através da brita, que funciona como um filtro drenante e gera um caminho preferencial de percolação. À medida que a água vai sendo expulsa, há um processo de transferência gradual de carga para os sólidos, aumentando assim, a tensão efetiva do solo (Roza, 2013).

Devido ao aumento de tensão no solo gerado pelas colunas de brita, ocorre uma redução no índice de vazios da camada compressível e conseqüentemente um aumento da resistência. Este processo gera uma significativa diminuição da magnitude dos recalques, resultando em uma melhoria do solo.

Escolha do diâmetro e da malha

Segundo Domingues (2006), para o tratamento de uma extensa área com colunas de brita, utiliza-se um padrão de distribuição uniforme das mesmas (malhas). Para esse padrão ser definido deve-se adotar um espaçamento entre colunas bem como o tipo geométrico de distribuição, como mostra a Figura 2. Geralmente as colunas são dispostas em forma de quadrado ou triângulo, e mais raramente, em hexágono pela sua difícil implementação em obra.

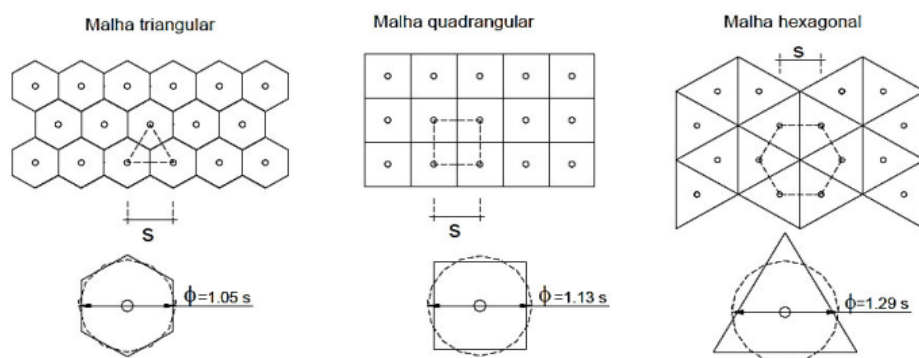


Figura 2 – Diferentes disposições em planta para colunas de brita (Domingues, 2006)

De acordo com as diferentes distribuições, a coluna de brita gera a uma célula ao seu redor com um determinado diâmetro de influência. A relação entre o diâmetro de influência de cada coluna de brita e o espaçamento entre elas assume valores iguais a 1,05, 1,13 e 1,29, para distribuições triangulares, quadradas e hexagonais, respectivamente.

O diâmetro de influência é importante para a aproximação da área de influência da coluna. Domingues (2006) reforça que para efeitos de projeto, a escolha do diâmetro deve ser sempre baseada em experiências anteriores, uma vez que é um parâmetro com grande influência nos resultados que se pretende estimar.

3 | CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO

Localizado no bairro de Jacarepaguá, o Centro Metropolitano abrange uma área de aproximadamente 5 km² e delimita-se entre a Avenida Ayrton Senna/Linha Amarela, Avenida Embaixador Abelardo Bueno e Estrada Arroio Pavuna, como apresentado na Figura 3 a seguir.



Figura 3 - Localização do Centro Metropolitano - RJ (Ignacio, 2016)



Figura 4 – Sistema viário do Centro Metropolitano - RJ (Adaptado de PCRJ, 2011)

O sistema viário do Centro Metropolitano (Figura 4) foi projetado de forma a ser

cortado por dois grandes eixos viários ortogonais principais com 100 m de largura, que o interliga com as principais avenidas da região. Os eixos principais são divididos por vias intermediárias com 50 m de largura e subdivididos por vias locais com 25 m de largura que permitem o tráfego interno na área, compondo ao todo cerca de 80 quarteirões.

O trecho estudado no presente trabalho compreende as fundações dos aterros das vias (canteiro central e faixas de circulação) que compõem o Eixo Norte-Sul, entre as quadras QD. 3.3/SE e QD. 3.4/SO, conforme destacado na Figura 5, onde foram identificadas grandes espessuras de solos moles.



Figura 5 - Seleção do trecho de estudo (Ignacio, 2016)

Caracterização Geotécnica da região

De acordo com Cabral (1979), a Baixada de Jacarepaguá abrange uma área da ordem de 102 km², onde cerca de 89 km² correspondem a terra firme e 13 km² são ocupados por lagunas. A região teve sua formação geológica resultante da alternância dos eventos de erosão e sedimentação devido a períodos de regressão e transgressão marinha (oscilações do nível do mar), movimentos de tectonismo e isostasia.

Cabral (1979) identifica esta área como composta principalmente por solos argilosos e siltosos, com recorrência de bolsões de turfas com teores elevados de matéria orgânica que apresentam baixa resistência, permeabilidade e alta plasticidade, ou seja, solos problemáticos do ponto de vista geotécnico, e areias marinhas e lagunares de compacidade crescente com a profundidade.

Com objetivo de realizar o mapeamento geológico-geotécnico do Centro Metropolitano, face às características desfavoráveis conhecidas da região, foram executadas diversas campanhas de sondagens SPT, bem como ensaios de Piezocone, de Dissipação da poropressão e Palheta. Além disso, foram coletadas amostras indeformadas em tubos tipo Shelby de 4" para realização de ensaios de Adensamento

Edométricos e Triaxiais em laboratório, incluindo também os ensaios de caracterização.

Para compor o presente estudo, foram utilizadas no total 3 sondagens SPT (de uma malha total com 193 ensaios, realizados entre 2011 e 2012), 4 ensaios de Palheta, 3 verticais de Piezocone, 4 ensaios de Dissipação da Poropressão e 5 ensaios de Adensamento Edométrico e 1 Triaxial CU e os ensaios de caracterização correspondentes fornecidos pela Geoconsult e Geo-Rio.

A Figura 6 a seguir apresenta as curvas de isoespessuras de argila mole no trecho estudado, definidas com base nas sondagens SPT. Pode-se observar a ocorrência de espessuras de solos moles de até 16 m.

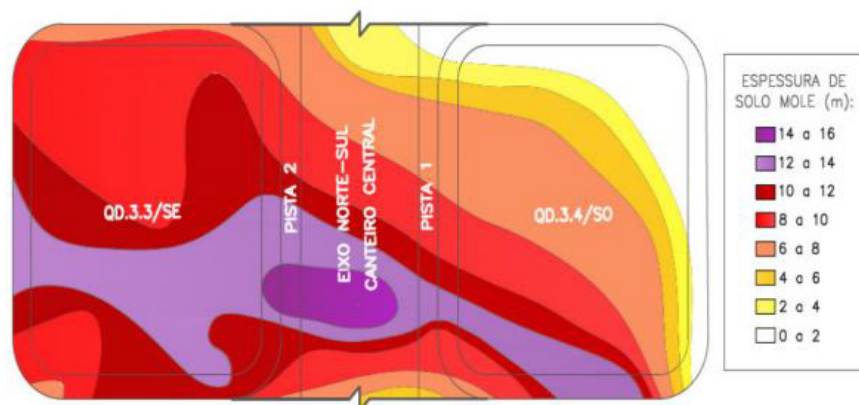


Figura 6 – Curvas de isoespessura (Adaptado de Geoconsult, 2011)

4 | ESTUDO GEOTÉCNICO

Parâmetros geotécnicos do solo e da brita

A partir dos resultados das investigações geotécnicas de campo e laboratório pôde-se interpretar o subsolo local e com isso obter os parâmetros representativos para a seção com o caso mais desfavorável.

A Figura 7 apresenta o perfil geotécnico elaborado para o subsolo e a Tabela 1 e 2 apresentam os parâmetros adotados de acordo com cada camada. Baseado na experiência de Lima (2012) e Roza (2012), a Tabela 3 apresenta os parâmetros da brita adotados para a composição da coluna.

Camada	Nspt médio	γ sat (kN/m ³)	Su (kN/m ²)
Argila 1	2	15,0	10,0
Argila 2	4	17,0	14,0
Areia 1	16	18,0	0,0
Areia 2	50	20,0	0,0

Tabela 1 - Parâmetros geotécnicos do subsolo (1) (Adaptado de Ignacio, 2016)

Camada	E (kN/m ²)	ϕ (°)	ν
Argila 1	500	0	0,4
Argila 2	3500	0	0,4
Areia 1	57500	33,0	0,3
Areia 2	100000	37,5	0,3

Tabela 2 - Parâmetros geotécnicos do subsolo (2) (Adaptado de Ignacio, 2016)

Camada	γ sat (kN/m ³)	ϕ (°)	C (kN/m ²)	E (kN/m ²)
Brita	20	42	0	80000

Tabela 3 – Parâmetros da brita (Adaptado de Ignacio, 2016)

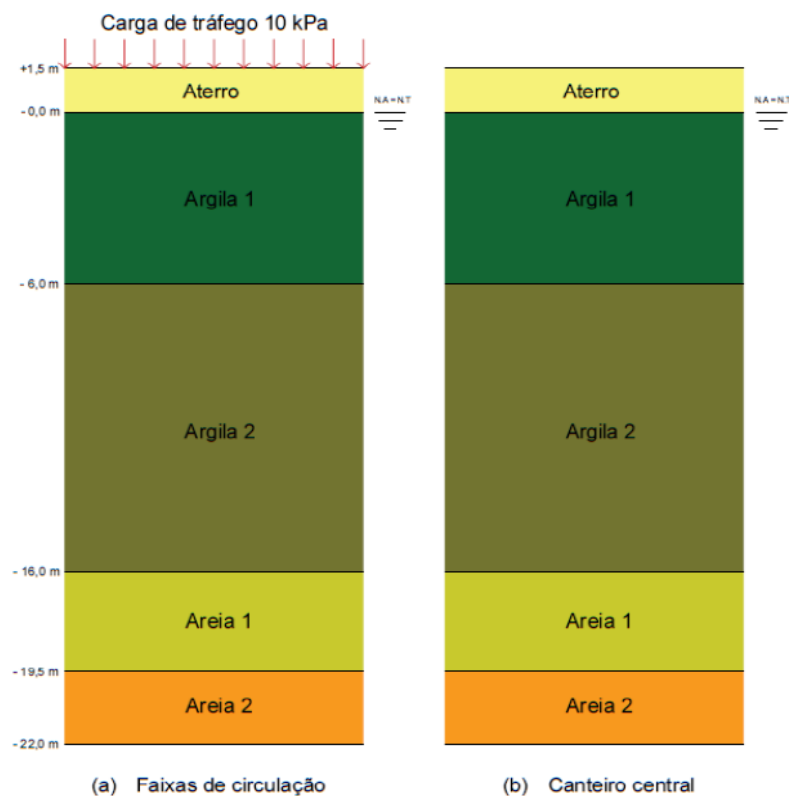


Figura 7 – Perfil geotécnico do subsolo (Ignacio, 2016)

CONSIDERAÇÕES E GEOMETRIA DO PROBLEMA

A via em questão foi dividida em duas faixas de circulação, cada qual com 10 m de largura e 80 m de comprimento, gerando duas áreas A1 a serem tratadas de 800 m² e um amplo canteiro central com 60 m de largura por 80 m de comprimento, gerando uma área A2 a ser tratada de 4.800 m².

As vias estão sujeitas a um carregamento exterior materializado por um aterro e também estimou-se uma carga de tráfego para as faixas de circulação. O aterro

proposto para o presente trabalho possui 2 m de altura e peso específico de 19 kN/m³, gerando uma sobrecarga devido ao peso próprio de 38 kPa para o canteiro central. Adotou-se 10 kPa para a sobrecarga referente ao tráfego previsto na região. Com isso, a sobrecarga total estimada para as faixas de circulação foi de 48 kPa.

Tanto para as faixas de circulação quanto para o canteiro central, optou-se pelo uso das colunas de brita com 0,80 m de diâmetro e dispostas em malha quadrangular. Entretanto, a malha possui espaçamentos distintos para cada setor conforme Tabela 4.

Setor	Malha	Diâmetro da coluna (m)	Espaçamento da malha (m)
Faixas	Quadrada	0,80	1,3
Canteiro	Quadrada	0,80	1,5

Tabela 4 – Geometria das colunas de brita (Adaptado de Ignacio, 2016)

Esta configuração de malha gera uma área de influência A de 1,69 m² para as faixas de circulação e de 2,25 m² para o canteiro central.

Para compreender toda espessura de solo mole e alcançar o solo competente para suporte, as colunas adotadas possuem 16 m de comprimento médio. As geometrias finais do problema para as faixas de circulação e canteiro central está apresentada respectivamente nas Figuras 9 e 10 a seguir.

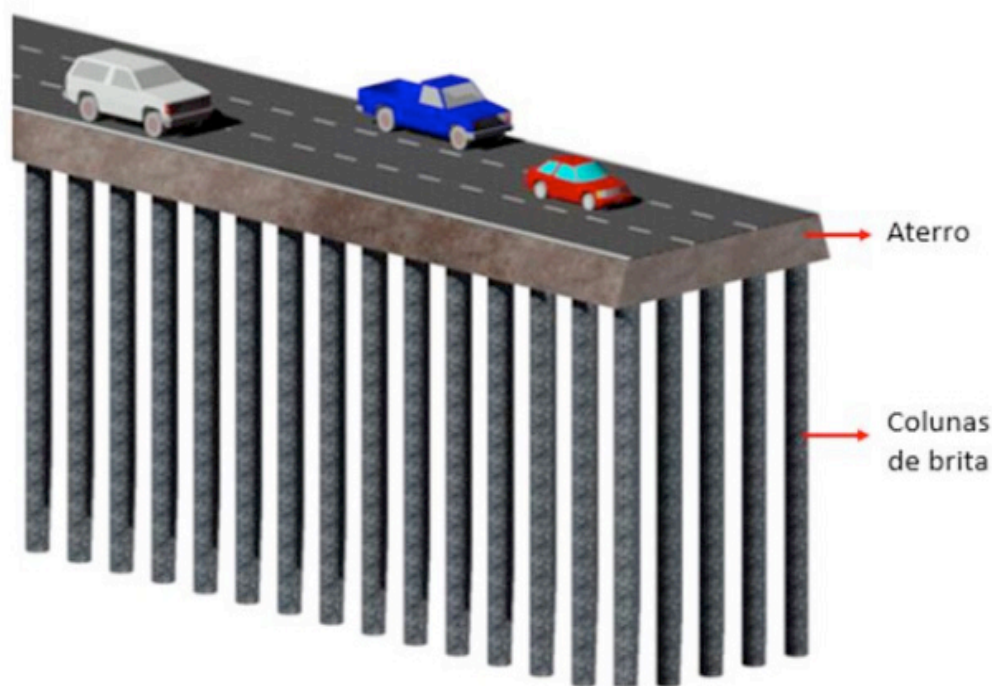


Figura 9 - Geometria 3D - Faixas de circulação (Adaptado de Ignacio, 2016)

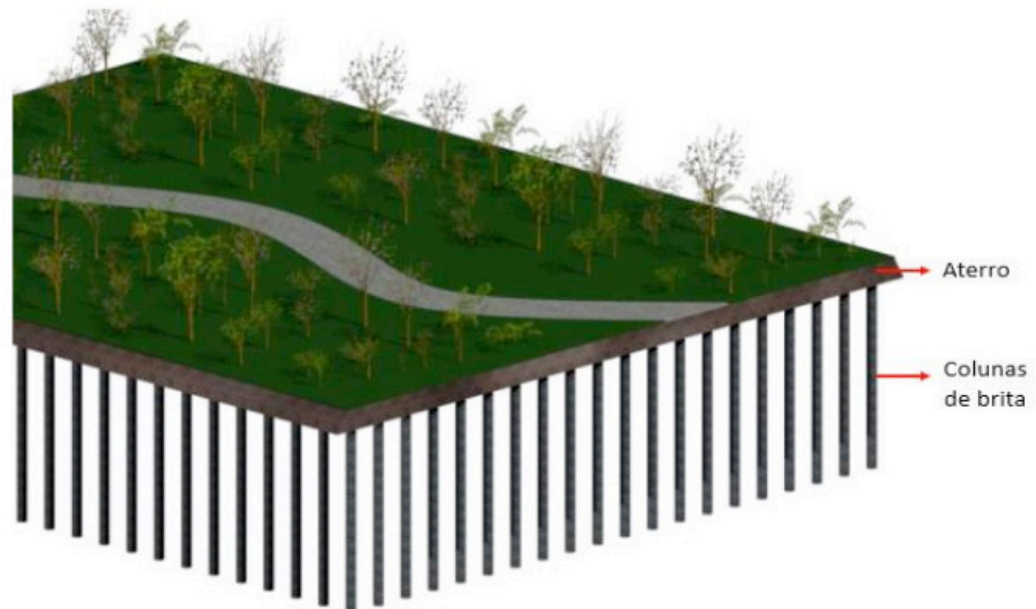


Figura 10 – Geometria 3D – Canteiro central (Adaptado de Ignacio, 2016)

5 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste item são apresentadas as magnitudes dos recalques bem como os resultados de curvas recalque tempo estimadas, ambos em função dos parâmetros obtidos através dos ensaios de campo e laboratório e do dimensionamento da coluna de brita proposto anteriormente. Desta forma, é possível comparar as condições de recalque sem tratamento nenhum e com o tratamento de colunas de brita.

Estima-se que as cargas atuantes nas vias provocam recalques totais da ordem de 72 cm nas faixas de circulação e cerca de 58 cm para o canteiro central. Estes valores são considerados de alta magnitude e não são admitidos pelo Relatório de Urbanização, pois ultrapassariam a cota final de implantação da via e acarretariam em um período muito longo para a estabilização dos recalques, o que inviabilizaria a simples implantação das faixas e canteiro no trecho estudado.

Inserindo as colunas de brita no solo, os recalques totais estimados para as faixas de circulação e canteiro central diminuem para aproximadamente 24 cm, valor permitido pelo Relatório de Urbanização, que aceita recalques de até 30 cm.

Com os recalques estimados, a eficiência do melhoramento do solo pode ser quantificada por meio do parâmetro FRR - Fator de redução de recalques (*improvement factor*). O FRR é definido conforme a Equação 1.

$$FRR = \frac{\text{recalque sem tratamento}}{\text{recalque com tratamento}}$$

Sendo assim, obteve-se um FRR de 3 para as faixas de circulação e um FRR de 2,42 para o canteiro central. Estes valores indicam que os recalques foram melhorados um pouco a mais que a metade e atendem as necessidades do relatório de urbanização (recalques de até 30 cm). Com isso, verifica-se a eficiência do tratamento proposto

para a redução da magnitude do recalque.

Com relação ao tempo de estabilização do recalque, as curvas recalque versus tempo para a condição sem tratamento foram obtidas de acordo com a teoria de adensamento unidimensional de Terzaghi. Para a condição com o tratamento de colunas de brita adotou-se $C_h = 1,5 \times C_v$, com o valor do coeficiente de permeabilidade vertical médio de $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ ao longo da profundidade (Geoconsult, 2012).

Verifica-se que o valor do coeficiente de permeabilidade vertical e os índices de vazios encontrados nas investigações geotécnicas são compatíveis com resultados apresentados por Baroni, 2010 e 2016 em ensaios realizados no mesmo depósito.

O gráfico apresentado na Figura 11 ilustra comparação entre a curva recalque versus tempo da fundação sem o tratamento com as colunas de brita, e as curva para as condições com o tratamento com as colunas de brita.

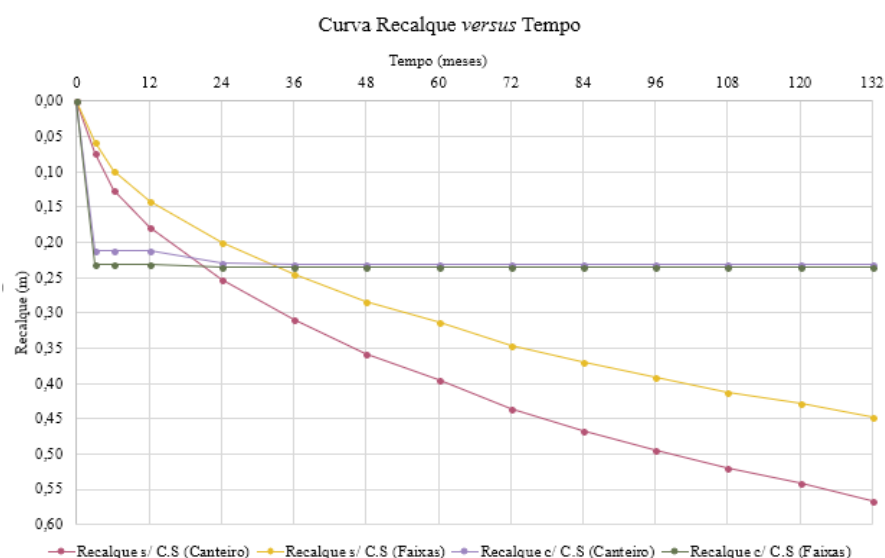


Figura 11 – Curva recalque versus tempo

Observa-se na Figura 11 que para atingir 90% de adensamento na solução sem tratamento o tempo necessário é de cerca de 11 anos (132 meses) e para a solução com colunas de brita cerca de 4 meses para o canteiro central e 3 meses e meio para as faixas de circulação. Nota-se claramente a eficiência do tratamento da fundação com o uso de colunas de brita quando comparado a sua ausência. Há uma redução significativa tanto no tempo para se atingir a estabilização quanto no valor do recalque final.

6 | CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou o comportamento e a eficiência do uso da técnica de melhoramento de solos com colunas de brita em um trecho sistema viário do Centro Metropolitano do Rio de Janeiro, compreendido entre o Eixo Norte-Sul e as quadras QD.3.3/SE e QD.3.4/SO. Esta área possui camadas de solos moles de até 16 m de

espessura, identificadas pelas investigações geotécnicas de campo e laboratório.

Por meio dos resultados obtidos, verifica-se que a técnica de colunas de brita com a geometria apresentada anteriormente é eficiente para a redução da magnitude dos recalques, visto que esta disposição proporciona um Fator de Redução de Recalques (FRR) de 3 para as faixas de circulação e de 2,42 para o canteiro central, atendendo assim os recalques esperados no Relatório de Urbanização da Baixada de Jacarepaguá. Além disso, o uso da técnica promoveu uma redução significativa do tempo necessário para a estabilização do recalque, passando de 11 anos para um período de aproximadamente 4 meses.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Instituto de Geotécnica - Geo-Rio e ao Engenheiro M.Sc. Uberecilas F. Polido pela cessão dos dados.

REFERÊNCIAS

Baroni, M. (2010) **Investigação Geotécnica em Argilas Orgânicas Muito Compressíveis da Barra da Tijuca**. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 249 p.

Baroni, M. (2016) **Comportamento Geotécnico de Argilas Extremamente Moles da Baixada de Jacarepaguá, RJ**. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 292 p.

Cabral, S. (1979) **Mapeamento Geológico-Geotécnico da Baixada de Jacarepaguá e Maciços Circunvizinhos**. Tese Doutorado em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 160 p.

Domingues, T. S. S. (2006) **Reforço de Fundações com Colunas de Brita em Aterros sobre Solos Moles. Análise e Dimensionamento**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Universidade do Porto, 208 p.

Ignacio, V. F. (2016) **Estudo Geotécnico do Melhoramento de Solos Moles Com Colunas de Brita No Centro Metropolitano do RJ**. Projeto Final de Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 113 p.

Geoconsult (2011) **Relatório Geotécnico. Documento interno N. 07/2011**. Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações Ltda. Espírito Santo. [obtido em abril de 2015]

Geoconsult (2012) **Memorial de Cálculo do Projeto Geotécnico Executivo para Implantação dos Aterros de Urbanização do Centro Metropolitano. Documento interno N. 06/2012**. Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações Ltda. Espírito Santo. [obtido em abril de 2015]

Keller (2013) **Material publicitário**, [obtido em outubro de 2015]

Kirsch, K.; Kirsch, F. (2010) **Ground Improvement by Deep Vibratory Methods**. Spon Press, New York, NY, USA 198 p.

Lima, B. T. (2012) **Estudo do Uso de Colunas de Brita Em Solos Argilosos Muito Moles**. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 314 p.

PCRJ (2011). **Material publicitário**, [obtido em novembro de 2015]

Priebe, H. J. (1995) **The design of vibro replacement**. Ground Engineering. Vol. 28, nº 10.

Roza, F. C. (2013) **Comportamento de obras sobre solos moles com colunas de brita**.
Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 165 p.

FORMOSO DO ARAGUAIA-TO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO

Roberto de Souza Santos

Universidade Federal de Tocantins. Porto Nacional - TO

AGRIBUSINESS DEVELOPMENT

RESUMO: Este artigo procura levantar uma análise sobre desenvolvimento local a partir da atividade econômica do agronegócio no município de Formoso do Araguaia-TO. A intenção é verificar o crescimento econômico da atividade do agronegócio e a sua contribuição para o desenvolvimento local. Para verificar o desempenho e a dinâmica dos indicadores sociais no desenvolvimento local, procedeu-se uma mensuração e análise dos dados de renda e de escolarização e IDHM, coletados no banco de dados do Programa de desenvolvimento das Nações Unidas de 2000 e de 2013. O texto baseou-se em uma revisão bibliográfica e no método qualitativo. No mundo atual, há áreas e regiões que a economia do agronegócio atua vinculado ao processo de globalização neoliberal, estabelecendo condicionamentos para a imposição de sua lógica territorial nos lugares por onde se territorializa. No Tocantins, em alguns pontos estratégicos essa racionalidade do agronegócio está em prática.

PALAVRAS-CHAVE: desenvolvimento local, agronegócio, impactos sociais, indicadores sociais.

FORMATION OF ARAGUAIA: REGIONAL AND

ABSTRACT: This article seeks to raise an analysis of local development from the agribusiness economic activity in the municipality of Formoso do Araguaia-TO. The intention is to verify the economic growth of agribusiness activity and its contribution to local development. In order to verify the performance and dynamics of social indicators in local development, a measurement and analysis of income and schooling data and HDI data collected in the United Nations Development Program database of 2000 and 2013 was carried out. text was based on a bibliographical review and qualitative method. In today's world, there are areas and regions that the agribusiness economy acts linked to the process of neoliberal globalization, establishing constraints for the imposition of its territorial logic in the places where it is territorialized. In Tocantins, in some strategic points this agribusiness rationality is in practice.

KEYWORDS: local development, agribusiness, social impacts, social indicators.

INTRODUÇÃO

Os procedimentos metodológicos foram organizados e desenvolvidos a partir de uma

análise teórico-crítica sobre os desdobramentos sociais do modelo de produção capitalista no espaço local e regional. A discussão teórico-metodológica procede de duas formas: um debate teórico a partir da interpretação do referencial bibliográfico utilizado e trabalhado e; das experiências e pesquisas acumuladas durante as pesquisas do pós-doutorado. O texto é resultado também das experiências nos trabalhos de pesquisas de campo durante o pós-doutorado e pesquisa bibliográfica e empírica da disciplina de Geografia Regional (graduação) e Fronteira, Espaço e Planejamento Regional no Mestrado em Geografia - Campus Porto Nacional-TO/UFT. A abordagem dialética orientou os procedimentos metodológicos da pesquisa, cuja análise valeu-se de aspectos econômicos e sociais, partindo da premissa que a realidade só é compreendida em direção à totalidade. Após o levantamento bibliográfico, procedeu-se a compilação, organização das ideias e interpretação dos dados e informações teóricas e empíricas disponíveis na literatura adotada e nas pesquisas de campo. A partir dos procedimentos teórico-metodológicos qualitativos e quantitativos, chegou-se aos resultados que viabilizaram a redação do artigo.

O artigo procura levantar uma análise sobre desenvolvimento local a partir da atividade econômica do agronegócio em Formoso do Araguaia-TO. Nas áreas e regiões que a economia do agronegócio atua no período mais recente, de globalização neoliberal e de propaganda ufanista da ideologia do agronegócio, estabelece condicionamentos para a imposição de lógica territorial nos lugares onde se territorializa. No Tocantins, em alguns pontos estratégicos essa racionalidade do agronegócio já está em prática.

Em meados do século XVIII, a procura pelo ouro levou os portugueses às margens de um rio que denominaram Formoso em virtude de suas belezas naturais. Os habitantes do local são os índios da tribo Javaé. Em 1949, foi descoberta minas de cristal formando um povoado. Em 25 de setembro de 1963, o distrito alcançou sua emancipação com o nome Formoso do Araguaia, desmembrando-se de Cristalândia e instalado em 01-01-1964 (IBGE, 2010). O município tem uma área de 13.510,5 km², a altitude da sede é da ordem de 240 m, a distância da capital é 223,2 km e localiza na Microrregião de Rio Formoso na Mesorregião Ocidental do Tocantins, conforme ilustra o mapa 01 a seguir. A estimativa da população atual do município é de 18.773 habitantes. Em 2010 era de 18.427 (). No município tem o Projeto Rio Formoso com plantio de agricultura irrigada em terras contínuas, implantado ainda no governo de Goiás na gestão de Ary Valadão (do Partido Democrático Social) em 1979.

Segundo Rodrigues *et alli* (2013), na região do município de Formoso do Araguaia, os incipientes surtos de mineração que haviam se tornados mais frequentes a partir da segunda metade do século XX, não foram atividades que trouxe grandes benefícios sociais e econômicos para a população local, capazes de dinamizar a economia regional.



Os projetos agropecuários desenvolvidos ao longo da chamada “Marcha para o Oeste” e durante o regime militar, foram marcados na região do médio Araguaia como projetos de baixa produtividade agrícola, em que se destacava a predominância da pecuária realizada de forma extensiva. Para oxigenar a economia da região do médio Araguaia, especialmente junto ao município de Formoso do Araguaia, o governo do estado de Goiás decidiu implantar no ano de 1979 o Projeto Rio Formoso de agricultura irrigada, que marcou o processo de expansão da fronteira agrária capitalista na região.

Para implantação do projeto, o governo de Goiás desapropriou uma área e criou três cooperativas: Coopergran, Cooperformoso e Cooperjava. As cooperativas produzem arroz, algodão e soja para grãos e sementes. O plantio é irrigado pela inundação das águas do Rio Formoso, o que permite ao agricultor aumentar a sua produtividade em função dos vários plantios e colheitas realizadas durante todo o ano. O projeto foi financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social na segunda e terceira etapa.

PROJETO RIO FORMOSO-TO: DESDOBRAMENTOS E CONTRADIÇÕES SOCIAIS

Tradicionalmente, as políticas territoriais são entendidas no âmbito restrito dos

planos regionais e locais de desenvolvimento, enquanto atividade planejadora de Estado voltada ao enfoque regional e local. As políticas territoriais também são entendidas como um procedimento de desenvolvimento regional ou local. É através das políticas de territoriais de desenvolvimento que o Estado planeja o desenvolvimento regional e local em um determinado espaço. É, sobretudo, no século XX que o Estado brasileiro procura delinear políticas de desenvolvimento territorial na Amazônia com o objetivo de integrá-la ao contexto nacional. O interesse do Estado brasileiro em ocupar econômica e demograficamente a região da Amazônia existe desde os períodos coloniais, mas no século XX, esse interesse se intensifica de forma mais racional e explícita, inclusive pelo capital estrangeiro. Os projetos agropecuários na Região Norte começam com a política territorial de Marcha para o Oeste.

Em 1912, houve já a preocupação governamental com a região quando criou a Superintendência de Defesa da Borracha para proteger os preços do produto frente à concorrência estrangeira. A intenção do governo federal em estabelecer políticas de desenvolvimento por volta de 1912, deu-se a partir o Decreto Federal nº. 2.543, de 05 de janeiro de 1912: De Proteção e Amparo da Borracha Amazônica, quando propôs:

...criar indústrias de refinamento de borracha; assistência aos trabalhadores locais e estrangeiros; criar centros de produção alimentícia na região; discriminar e legalizar as posses de terras no Acre; incrementar os transportes e realizar exposições; ...acordos entre Estados para diminuir a taxa de exportação e importação; criar as estações experimentais para melhorar a qualidade; isentar a importação de produtos e maquinas destinado a extração; instalações de hospitais perto dos núcleos agricultura; incentivo a instalação de industrias de pesca...

Em 1942, a Superintendência de Defesa da Borracha foi transformada no Banco de Crédito da Borracha e, em 1950, este passou a ser o Banco de Crédito da Amazônia. A estratégia implementada durante a Segunda Guerra Mundial, com a criação do Banco de Crédito da Borracha (criado em 1942), foi uma tentativa de se constituir mecanismos que pudessem servir como instrumentos capazes de soerguer a economia exportadora local, vinculada, diretamente, aos interesses do governo ianque, pelo fornecimento de matérias-primas para a sua indústria. Durante os anos da Segunda Guerra Mundial, um novo cenário configurou-se na Amazônia, com a retomada da extração gomífera com o advento dos “Acordos de Washington”, em 1942, (OLIVEIRA, *et alli*, 2014, p. 211/212). Em 1953, é criado a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) por Getulio Vargas. Juntamente com a criação desta superintendência criou-se também a Amazônia Legal (Decreto-Lei de agosto de 1953).

A partir dessas medidas governamentais a região passa ter atuação direta do Estado através da SPVEA. Em 1966, no governo de Humberto de Alencar Castelo Branco ([Mandato presidencial](#) de 15 de abril de 1964 – 15 de março de 1967), a SPVEA foi substituída pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). A ação do Estado para modernizar a agricultura teve como respaldo não só o Sistema

Nacional de Crédito Rural, criado em 1965, mas também o apoio de órgãos como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e Banco do Brasil. Estas instituições introduziram a técnica e a ciência no campo e ampliou a expansão do capitalismo no campo brasileiro, por intermédio da modernização agrícola.

Para oxigenar a economia da região do médio Araguaia, o governo do estado de Goiás decidiu implantar no ano de 1979, o Projeto Rio Formoso de agricultura irrigada, que marcou o processo de expansão da fronteira agrária capitalista na região, afirma Rodrigues *et alli* (2013). É um projeto de naípe capitalista que destina beneficiar os latifundiários e pelo fato de sua existência, podemos crer que foi um obstáculo ao desencadeamento das políticas de Reforma Agrária na região. É um empreendimento recheado de estranhezas e suspeitas de atos fraudulentos que beneficiou diretamente um grupo de pessoas ligado ao governo de Goiás. Segundo Rodrigues *et alli* (2013), nos anos de 1960, o Instituto Agrário de Desenvolvimento de Goiás (IDAGO), realizou as primeiras medições fundiárias na região do médio Araguaia, quando constatou a possibilidade de grileiros atuarem na região, através de registros ilegais.

Segundo Rodrigues *et alli* (2013), o governo do estado de Goiás foi responsável pela elaboração do estudo técnico e implantação do projeto, que posteriormente, foi transferido para a iniciativa privada. Entretanto, esta deveria remunerar o Estado brasileiro pelos gastos efetuados, mas isso não ocorreu. Além de excluir os moradores locais de qualquer participação no projeto, o governo de Goiás enquadrou as terras desapropriadas em áreas pertencentes a proprietários particulares e não em terras devolutas da União. A não participação de posseiros e das populações indígenas em qualquer etapa da implantação do projeto, o seu caráter social cai por terra, pelo fato de não contemplar a participação de camponeses e indígenas, que já residiam na região.

Mais tarde alguns dos cooperados que vieram a integrar ao projeto de irrigação acabaram recebendo posse definitiva sem qualquer ônus pago ao poder público ou à União, embora, receber seus lotes com infraestrutura com uma serie de canais de irrigação divididos em subcanais menores. Inclusive, com três grandes reservatórios de água para o abastecimento dos canais de irrigação durante o período de estiagem entre os meses de maio a outubro, quando os rios da região diminuem a sua vazão de água, devido aos baixos índices pluviométricos, assegura o referido autor.

Para Barbosa (1996), no Projeto Rio Formoso houve transferência de dinheiro público para a iniciativa privada, sem retorno ao erário público em função da União absorver as dívidas do novo estado do Tocantins. Foi uma relação paternalista e clientelística. Partes dos recursos públicos foram contraídas em forma de empréstimo pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. O BNDES financiou a segunda e terceira etapa do projeto. Para implantação do projeto, o governo desapropriou uma área e criou três cooperativas: Coopergran, Cooperformoso e Cooperjava, conforme demonstra a figura 01, a seguir.

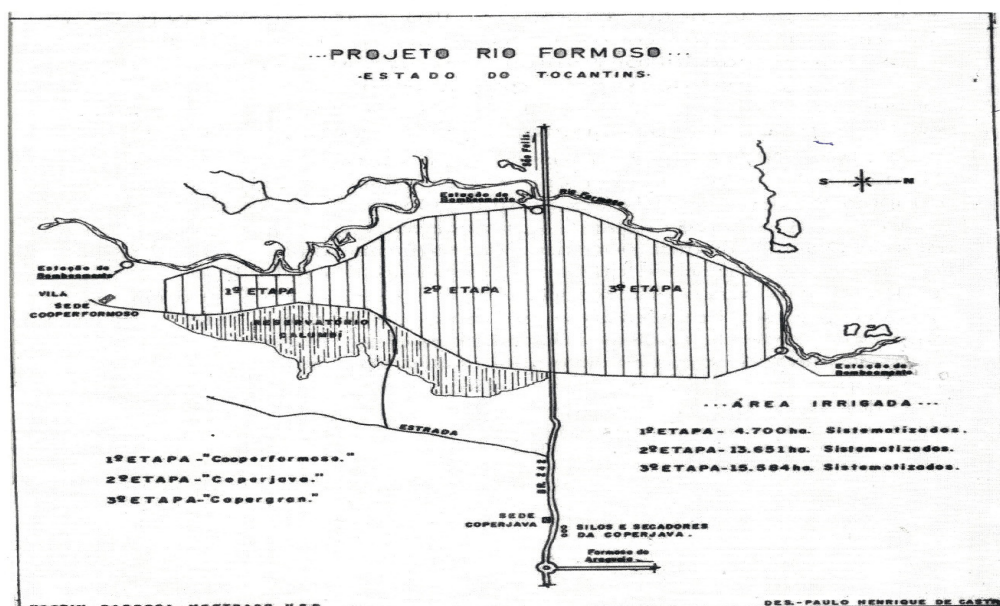


Figura 01.

Fonte. Santos, 2016.

As terras foram desapropriadas de proprietários particulares, o que não enquadrava em terras devolutas da União e foram repassadas as cooperativas, na forma de arrendamento. Segundo Barbosa (1996), as cooperativas tiveram a renda da terra sem imobilizar capital. O projeto beneficiou diretamente alguns empresários, amigos e parentes do governador Ary Valadão. Na Cooperjava tem filhos e sobrinhos do governador Ary Valadão como Carlos Valadão, Ovidio Valadão e Clovis Valadão.

Segundo o referido autor, o BNDES exigiu para a realização do empréstimo, um projeto que inserisse também um programa de assentamento de cunho social. O governo de Goiás não cumpriu com a exigência. Os desapropriados não foram incorporados ao projeto. O projeto excluiu até mesmo os capitalistas da região. Por exemplo, na Cooperformoso (Cooperativa Mista/Rural Lagoa Grande Ltda.) teve início com 24 cooperados, apenas um não era gaúcho. O resultado foi o aparecimento de conflitos pelo uso da terra ao longo do Lagoão, na terceira etapa (Coopergran).

Segundo Barbosa (1996, p. 105), a diretoria da Cooperformoso fez empréstimos no Banco do Brasil e repassava partes do dinheiro aos cooperados e outra parte era desviada. Alguns cooperados ficaram ricos, com as dívidas da cooperativa. A maioria deles investiu os financiamentos adquiridos por meio da cooperativa em outros bens. A Cooperformoso é típica de um modelo de capitalismo que é corriqueiro no Brasil, aquele que a empresa é pobre enquanto seus donos são ricos.

Segundo Vilsom, representante da Cooperjava, em entrevista em março de

2013, afirmou que a cooperativa produz cerca de 950 mil sacas de arroz por ano e tem um capital social de 10 milhões de reais. A Cooperjava produz soja para grãos e sementes. Os módulos têm cerca de 75 a 100 hectares. Embora, seja uma cooperativa, os cooperados podem comprar ou vender um módulo, segundo o entrevistado. Este mecanismo abre um precedente para a concentração da renda, pois, se torna possível um ou mais cooperados comprarem alguns ou todos os lotes e, com isso, desqualifica a natureza do empreendimento que é a cooperação, a coletividade.

Para efeito de inundação ou para retirar a água inundada para facilitar o trabalho da colheita, os produtores usam bombas para fazer este trabalho. Este procedimento caracteriza o processo de trabalho mecanizado na produção. Durante o tempo de chuvas planta o arroz e a partir de abril ou maio faz-se o plantio da soja e milho. No período do vazio sanitário da soja que é de 1º julho e 30 de setembro e, do algodão que é de 20 de setembro a 20 de novembro, não pode haver o plantio destes cultivares.

A empresa Verdes Campos no município que planta soja para grãos e sementes, é uma empresa vinculada a Cooperjava. Segundo o representante da empresa em entrevista em março de 2013, a Verdes Campos paga cerca de 450 mil reais por ano para a Monsanto. A Monsanto cobra de cada 40 kg vendidos, 9,6 kg de soja. Segundo o representante da Verdes Campos, a China só compra a semente Roundup Ready, o que constitui um mecanismo de subordinação do produtor local às empresas globais do agronegócio. Mas, a recente semente transgênica que a Monsanto lançou não é comercializada com a China. Esta semente nova resiste a sete tipos de lagarta, afirmou o representante da empresa Verdes Campos. Através da aplicação do conhecimento técnico-científico as empresas que atuam no agronegócio podem buscar a mais valia de forma mais ampla, como é caso da multinacional Monsanto que tem presença em Formoso do Araguaia.

Apartir da criação e implantação do Projeto Rio Formoso na localidade de Formoso do Araguaia-TO, juntamente com as cooperativas, cria-se toda uma expectativa de prosperidade e progresso e desenvolvimento local e regional na área de abrangência do projeto. Espera-se que a economia local oxigene com o crescimento do PIB municipal e regional, com a oferta de mais empregos e dinamização de todo o comércio e, sobretudo, elevação dos indicadores sociais locais. A ideia dos organizadores e executores do projeto é que todo esse processo desencadeie e estimule a instalação de grandes empresas na localidade de atuação do projeto. Entretanto, esse raciocínio na prática, é questionável com veremos a seguir.

Formoso do Araguaia-TO: debatendo o desempenho dos indicadores sociais

Para proceder à análise dos indicadores sociais é necessário fazer uma mensuração e avaliação do grau de desenvolvimento humano e das condições sociais de cada local ou país. Um dos critérios para este procedimento é a análise do Índice de Desenvolvimento Humano que foi elaborado e organizado pela Organização das

Nações Unidas e dos indicadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O Índice de Desenvolvimento Humano foi criado originalmente para medir o nível de desenvolvimento humano dos países a partir de indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB per capita).

Atualmente, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento adotou outros parâmetros para mensurar o grau de desenvolvimento ou não das nações. Um deles é o índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) que é elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Para aferir o nível de desenvolvimento humano de municípios as dimensões são as mesmas - educação, longevidade e renda, mas alguns dos indicadores usados são diferentes. Embora, meçam os mesmos fenômenos, os indicadores levados em conta no IDH Municipal (IDH-M) segundo a ONU são mais adequados para avaliação de núcleos sociais menores. O IDH-M é um ajuste metodológico ao IDH Global e foi publicado em 1998 (a partir dos dados do Censo de 1970, 1980, 1991) e em 2003 (a partir dos dados do Censo de 2000) e o mais recente que é de 2013.

Outro indicador social muito utilizado através de dados estatísticos é o Índice de Gini, criado pelo matemático italiano Conrado Gini. É um instrumento para medir o grau de concentração de renda em determinado grupo. Ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de zero a um (alguns apresentam de zero a cem). O valor zero representa a situação de igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda. O valor um (ou cem) está no extremo oposto, isto é, uma só pessoa detém toda a riqueza. Na prática, o Índice de Gini costuma comparar os 20% mais pobres com os 20% mais ricos. No Relatório de Desenvolvimento Humano 2004, elaborado pelo PNUD, o Brasil aparece com índice de 0,591, quase no final da lista de 127 países. O IBGE utiliza outras variáveis para avaliar o grau de desenvolvimento de uma região ou do país que indicam ou apontam uma determinada tendência de evolução das condições sociais e trabalham com dados estatísticos abstratos e com coeficiente de média que pode não refletir o real. Portanto, precisamos refletir de forma mais crítica sobre a análise de sua metodologia.

Podemos argumentar que o conceito de desenvolvimento e subdesenvolvimento é algo que pode ser criado a partir de critérios que representam a ideologia dominante dos países ricos. O geógrafo Yves Lacoste (1990), assegura que estes conceitos são construídos e organizados por estes países como estratégia geopolítica para disciplinar e buscar a geopolítica do controle das políticas de desenvolvimento e de investimento na periferia do capitalismo. Para o autor, o subdesenvolvimento é frequentemente apreciado sobre a base da avaliação dos produtos nacionais por habitante e por ano com valores do PNB per capita. O critério seria baseado em valores do PNB per capita nitidamente inferiores aos dos países desenvolvidos. Acreditamos que estes índices estatísticos que mensuram as condições de desenvolvimento ou não das nações, é uma das formas dos países ricos terem um mapa das condições sociais e

econômicas global para articular a sua geopolítica de investimentos. A interpretação do subdesenvolvimento também passou por uma equivalência de uma situação econômica e social dita “atrasada”, “arcaria”, “tradicional”, comparada à situação da Europa e pela ausência de um desenvolvimento industrial.

Entretanto, os dados sobre indicadores sociais fornecidos pelo IBGE e PNUD são dados oficiais que a nós pesquisadores da Academia podemos trabalhar em nossas análises e pesquisas, inclusive em uma perspectiva teórico-crítica. A intenção deste artigo é levantar uma discussão teórico-crítica sobre o desempenho dos indicadores no município de Formoso do Araguaia-TO a partir da implantação do projeto Rio Formoso. O projeto Rio Formoso tem mais de 35 anos que estabeleceu o cultivo irrigado de arroz e, atualmente, cultiva a semente de soja para o mercado. O projeto deu uma guinada no desenvolvimento local e regional. Entretanto, o desempenho e a dinâmica dos indicadores sociais no município ainda são indesejáveis.

A esperança de vida ao nascer é o indicador utilizado para compor a dimensão Longevidade do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (O IDHM é obtido pela média geométrica dos três sub-índices das dimensões que compõem o índice: longevidade, educação e renda elaborado e organizado pelo PNUD), no município, esse índice cresceu 7,9 anos na última década, passando de 65,1 anos, em 2000, para 73,1 anos, em 2010. Esse índice cresceu 5,4 anos, passando de 59,7 anos em 1991 para 65,1 anos em 2000. Em outras palavras, a população ganhou mais anos de vida ao nascer, conforme demonstra o quadro nº 01. No Brasil, a esperança de vida ao nascer é de 73,9 anos, em 2010, de 68,6 anos, em 2000, e de 64,7 anos em 1991, conforme relata o relatório do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil de 2013. Ou seja, a esperança de vida em Formoso do Araguaia está bem próxima da média nacional, com uma diferença apenas de 8 décimos. No período 1991-2000, a taxa de mortalidade infantil até 1 ano de idade (por mil nascidos vivos) do município diminuiu 64,9 para 43,3, tendo assim, uma variação positiva desejável para a qualidade de vida. Esse índice continuou caindo na próxima década, isto é, entre 2000 e 2010, oscilando entre 43,3 e 18,4, portanto, um avanço qualitativo e quantitativo no município neste quesito.

No quesito mortalidade até 5 anos de idade (por mil nascidos vivos) no intervalo de 1991 a 2000, a queda dos índices foi considerável, passando de 84,7 para 55,6, inclusive mantendo essa oscilação entre a próxima década de 2000 a 2010, de 55,6 para 19,7. A taxa de fecundidade total (filhos por mulher) também teve uma variação positiva notável que era em 1991, da ordem de 3,4 passou para 3,1 em 2000. Entre 2000 e 2010, esse índice teve uma diminuição superior a década anterior, variando de 3,1 para 2,5 no referido intervalo, conforme ilustra o quadro 01. Esses índices no intervalo de 1991 a 2010 tiveram variações positivas, o que coloca o município em um patamar de evolução no que diz respeito à qualidade de vida conforme descreve o relatório do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD – 2013, expresso no quadro 01.

Esperança de vida, mortalidade e taxa de fecundidade.	1991	2000	2010
Esperança de vida ao nascer (em anos)	59,7	65,1	73,1
Mortalidade até 1 ano de idade (por mil nascidos vivos)	64,9	43,3	18,4
Mortalidade até 5 anos de idade (por mil nascidos vivos)	84,7	55,6	19,7
Taxa de fecundidade total (filhos por mulher)	3,4	3,1	2,5

Quadro nº 01. Perfil Municipal – Formoso do Araguaia (TO)

Fonte: PNUD, IPEA e Fundação João Pinheiro. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD - 2013. Organizado pelo autor.

Em Formoso do Araguaia, a taxa de analfabetismo (Nível Educacional da População Adulta - 25 anos ou mais) teve uma significativa queda entre 1991 e 2000, da ordem de 34,5% para 20,1%. O fato positivo foi que neste quesito continuou caindo também entre a década de 2000 e de 2010, de 20,1% para 16,56%, conforme demonstra-nos o quadro 02. Comparando os índices de analfabetismo do município com os do estado do Tocantins, percebemos que em Formoso do Araguaia há uma situação ligeiramente positiva. Em contrapartida, comparando os dados em escala nacional, é notável que o município apresente uma taxa de analfabetismo superior da ordem de 4,74% ($16,56 - 11,82 = 4,74$), conforme demonstra o quadro 02. Os dados estatísticos listados indicam que os indicadores sociais do município apresentam índices superiores aos do país, mesmo assim, o desempenho dos indicadores de Formoso do Araguaia está em um norte (em queda) desejável neste quesito.

Taxa de analfabetismo (%)	1991,	2000	2010
Formoso do Araguaia	34,5	20,1	16,56
Tocantins	39,3	25,03	17,14
Brasil	23,4	16,75	11,82

Quadro nº 02. Nível Educacional da População Adulta (25 anos ou mais), Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD - 2013 -. Organizado pelo autor.

Segundo o relatório do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - PNUD – 2013, a renda per capita média de Formoso do Araguaia cresceu 113,99% nas últimas duas décadas, passando de R\$ 200,56, em 1991, para R\$ 331,73, em 2000, e para R\$ 429,17, em 2010. Isso equivale a uma taxa média anual de crescimento nesse período de 4,09%. A taxa média anual de crescimento foi de 5,75%, entre 1991 e 2000, e 2,61%, entre 2000 e 2010. A proporção de pessoas pobres, ou seja, com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 (a preços de agosto de 2010), passou de 56,26%, em 1991, para 45,01%, em 2000, e para 22,09%, em 2010. No quesito proporção de extremamente pobres, no intervalo de 1991 a 2000, houve uma queda observável de 32,42 para 21,11 respectivamente. Este índice no intervalo de 2000 a 2010, a redução foi mais acentuada, oscilando de 21,11 para 12,31 conforme aponta o

quadro nº 03, portanto, nesta década, houve um avanço significativo no desempenho de qualidade de vida no município referente ao índice de extrema pobreza.

Com relação ao índice de proporção de pobres, a redução foi mais acentuada do que no quesito listado anteriormente, no intervalo de 2000 a 2010, mais de 50%, isto é, 45,01 para 22,09. Entretanto, entre 1991 e 2000, a variação foi substancialmente menor com diminuição de 56,26 para 45,01, como ilustra o quadro 03. No quesito renda *per capita* e pobreza, os dados estatísticos apontam uma evolução consideravelmente desejável para índice de desenvolvimento humano no município de Formoso do Araguaia.

A evolução da desigualdade de renda no período de 1991 a 2000 pode ser descrita através do Índice de Gini, que passou de 0,56, para 0,61. E entre 2000 e 2010, passou de 0,61 para 0,52, conforme demonstra o quadro de nº 03, seguir. No que diz respeito aos indicadores de renda, pobreza e desigualdade social, os dados tiveram variações positivas. Entretanto, no que se refere ao índice de desigualdade social o desempenho e a evolução constada foi tímida, uma vez que em 1991, estava no patamar da ordem de 0,56 em 20 anos depois passou para 0,52. Uma evolução de apenas quatro centésimos na escala de 0,0 a 100, referente ao índice de Gini. Inclusive com uma variação indesejável entre 1991 e 2000 de 0,56 para 0,61 conforme ilustra o quadro 03.

Renda, Pobreza e Desigualdade.	1991,	2000	2010
Renda per capita (em R\$)	200,56	331,73	429,17
% de extremamente pobres	32,42	21,11	12,31
% de pobres	56,26	45,01	22,09
Índice de Gini	0,56	0,61	0,52

Quadro nº 03. Perfil Municipal – Formoso do Araguaia (TO)

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD - 2013. Organizado pelo autor.

Segundo o relatório do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD – 2013, em Formoso do Araguaia entre 2000 e 2010, o IDHM passou de 0,507 em 2000 para 0,670 em 2010 - uma taxa de crescimento de 32,15%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 66,94% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais que cresceu em termos absolutos foi educação (com crescimento de 0,261), seguida por longevidade e por renda. Entre 1999 e 2000, o IDHM passou de 0,311 para 0,507 - uma taxa de crescimento de 63,02%. O hiato de desenvolvimento humano foi reduzido em 71,55% entre 1991 e 2000. No quadro 04, podemos visualizar os dados comentados.

Índice de desenvolvimento humano municipal entre	1991,	2000	2010
IDHM	0,311	0,507	0,670
Longevidade	0,578	0,669	0,801

Renda	0,518	0,599	0,640
-------	-------	-------	-------

Quadro nº 04. Perfil Municipal – Formoso do Araguaia (TO)

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD - 2013. Organizado pelo autor.

Conforme o relatório do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-PNUD - 2013, o município de Formoso do Araguaia em 1991, estava em uma colocação notavelmente, ruim da ordem de 64º com relação aos 139 municípios do Tocantins no quesito IDHM. Esse patamar em 2000 teve uma variação muito positiva, deslocando de 64º para 26º, portanto, colocando-o em uma situação de faixa de desenvolvimento humano considerada alta referente ao contexto tocantinense. Entretanto, para o ano de 2010 a variação deste patamar foi indesejável subindo para 34 º posição perante aos outros municípios, fato que coloca o município em um desempenho na contramão no *ranking* estadual. Em 1991, a primeira colocação estava com Gurupi, em 2000 e 2010, colocação passou a capital do estado - Palmas.

Nas últimas décadas, o IDHM do município passou de 0,311, em 1991, para 0,670, em 2010 (quadro 05), enquanto o IDHM na esfera nacional passou de 0,493 para 0,727. Isso implica em uma taxa de crescimento de 115,43% para o município e 47% para a escala nacional; uma taxa de redução do hiato de desenvolvimento humano de 47,90% para o município e 53,85% para o país. No município, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi educação (com crescimento de 0,487), seguida por longevidade e por renda. Na escala nacional, esses índices também foi que mais cresceram em termos absolutos com crescimento de 0,358, seguida por longevidade e por renda, segundo o relatório do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil- PNUD - 2013. Observando o quadro nº 05, sobre os dados do IDHM do estado Tocantins, percebe-se que houve uma variação ligeiramente superior referente aos índices do município no intervalo dos últimos 20 anos. Os dados referentes o IDHM em escala nacional são superiores aos índices de Formoso do Araguaia e de Tocantins, inclusive nas décadas de 1991 a 2000, e, sobretudo entre 2000 e 2010, conforme demonstra o quadro 05. Portanto, neste quesito, o município de Formoso de Araguaia tem um desempenho indesejável ao contexto estadual e nacional.

Índice de desenvolvimento humano municipal entre	1991,	2000	2010
Formoso do Araguaia (TO)	0,311	0,507	0,670
Tocantins	0,369	0,525	0,699
Brasil	0,493	0,612	0,727

Quadro nº 05. Perfil do Índice de desenvolvimento humano municipal de Formoso do Araguaia (TO), Tocantins e do Brasil.

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD - 2013. Organizado pelo autor.

Formoso do Araguaia um município da região amazônica com uma taxa de urbanização por volta de 72,36% no ano de 2010, conforme o Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil – 2013, caracteriza uma localidade com população urbana em patamares como outros municípios do centro-sul do país. Entretanto, a sua faixa de desenvolvimento humano, ainda são menores em relação aos municípios do centro-sul do país, inclusive de outros municípios do Tocantins. No quesito taxa de analfabetismo (de 25 anos ou mais) é menor do que os patamares do contexto nacional. O IDHM se comparado com os do estado e com o contexto nacional, também são menores no decorrer do período de 1991 a 2010.

Comparando os indicadores sociais de Formoso de Araguaia com outros municípios tocaninenses

No quesito analfabetismo, Formoso do Araguaia tem a menor taxa (21,10) entre os municípios listados no quadro 06, onde há a atividade econômica do agronegócio no estado, perdendo apenas para Porto Nacional que é da ordem de 19,30% para o ano de 2000. Para esta data, Guaraí detinha o mesmo patamar (21,10) de Formoso do Araguaia. É um ponto positivo para o desempenho dos indicadores sociais no município. Em contrapartida, pegando dados mais atualizados do ano de 2010, os municípios de Guaraí, Lagoa da Confusão, Alvorada, Porto Nacional e Pedro Afonso detêm a taxa de analfabetismo menor que Formoso de Araguaia, conforme ilustra o quadro nº 06. Estes municípios também são localidades que a atividade econômica do agronegócio esta presente. Este fato implica em tese observar que em Formoso do Araguaia (onde a atividade do agronegócio está presente) os índices de analfabetismo deveriam ser semelhantes aos municípios referidos.

Observando os dados do quadro nº 07, podemos perceber que os municípios de Alvorada, Santa Rosa do Tocantins, Pedro Afonso, Aparecida do Rio Negro, Mateiros e Porto Nacional onde a atividade econômica do agronegócio atua, têm os menores índices de mortalidade infantil até 1 ano de idade (por 1000 nascidos vivos) para o ano de 2000. Em contrapartida, no município de Formoso do Araguaia, esses índices são maiores para o ano de 2000 do que nos municípios listados. Observando dados mais atualizados, deduzimos que os municípios de Alvorada, Dianópolis, Guaraí, Mateiros, Monte do Carmo, Pedro Afonso, Porto Nacional e Silvanópolis detêm o índice de mortalidade infantil menor do que o município de Formoso do Araguaia para o ano de 2010. Este fato coloca o município de Formoso do Araguaia na contramão em relação aos municípios listados, no que diz respeito ao avanço dos indicadores sociais de mortalidade infantil até um ano de idade.

Quadro nº 06. Perfil municipal Nível educacional da população adulta (25 anos ou mais). Taxa de analfabetismo (%)			
Tocantins.	Ano		
Municípios.	1991	2000	2010
Alvorada	24,3	23,8	13,08
Aparecida do Rio Negro	38,1	28,9	19,13
Campos Lindos	65,6	35,4	28,27
Dianópolis	37,7	29,8	16,82
Formoso do Araguaia	34,5	20,1	16,56
Goiatins	54,3	40,1	32,30
Guaraí	29,6	20,1	14,41
Lagoa da Confusão	50,4	25,4	16,47
Mateiros	66,1	48,5	34,11
Monte do Carmo	42,8	28,6	24,92
Pedro Afonso	31,0	20,6	13,76
Porto Nacional	25,2	19,3	12,22
Santa Rosa do Tocantins	47,5	30,1	22,30
Silvanópolis	42,3	29,4	22,82
Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano - PNUD-2013. IPEA e FJP. Organizado pelo autor			

Quadro nº 07. Perfil municipal Mortalidade infantil até 1 ano de idade (por 1000 nascidos vivos)			
Tocantins.	Ano		
Municípios.	1991	2000	2010
Alvorada	49,2	32,2	12,9
Aparecida do Rio Negro	56,3	45,4	19,8
Campos Lindos	71,9	61,6	28,9
Dianópolis	71,6	48,0	15,4
Formoso do Araguaia	64,9	46,8	18,4
Goiatins	71,9	61,6	24,1
Guaraí	62,8	47,0	13,3
Lagoa da Confusão	84,0	56,7	20,5
Mateiros	64,6	42,0	15,3
Monte do Carmo	72,6	52,6	17,3
Pedro Afonso	49,6	34,8	12,4
Porto Nacional	49,6	35,3	14,9
Santa Rosa do Tocantins	53,4	45,9	21,6
Silvanópolis	72,6	52,6	16,5
Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano - PNUD - 2013. IPEA e FJP. Organizado pelo autor.			

O quadro nº 08, aponta que os índices de pobreza do município de Santa Rosa do Tocantins aumentaram no intervalo de 1991 a 2000, entretanto, em 2010 este índice caiu significativamente de 65,51 para 39,15. Os municípios de Alvorada, Guaraí, Pedro Afonso e Porto Nacional onde atua a atividade econômica do agronegócio, detêm menor índice de pobreza do que Formoso do Araguaia, no intervalo de 1991 a 2000. Em 2010, Alvorada, Guaraí, Pedro Afonso e Porto Nacional continuaram com menor índice de pobreza do que o município Formoso do Araguaia, conforme demonstra o quadro 08. Em outras palavras, estes municípios estão em um norte desejável quanto ao desempenho do índice de pobreza. Entretanto, Formoso do Araguaia continua na contramão neste quesito nas duas últimas décadas se comparado com os municípios listados. Alvorada é o município com menor índice de pobreza (24,22%) entre os municípios listados para o ano de 2000 onde atua a atividade econômica do agronegócio.

Com relação aos municípios onde a atividade econômica do agronegócio não atua, a proporção de pobres foi reduzida no intervalo de 1991 e 2010, de forma significativa, conforme aponta os dados do quadro 08, com uma variação positiva desejável, como ocorreu nos municípios onde há a atividade econômica do agronegócio. Para o ano de 1991, os municípios de Aguiarnópolis (59,96%) e Arraias (60,52%) detinham índice de pobreza bem próximo aos de Formoso do Araguaia que no período detinha um índice de pobreza da ordem de 56,26%. Inclusive, o município de Nova Rosalândia detinha um índice de pobreza proporcional menor do que Formoso do Araguaia em 1991. Para

o ano de 2000, os municípios de Nova Rosalandia (49,69%) e Pindorama do Tocantins (45,80%) detêm patamares próximos aos de Formoso do Araguaia que detinha neste período, um índice de pobreza da ordem de 45,01%. Para o ano de 2010, um período mais atual, os municípios de Aguiarnópolis (22,35%) e Tocantinópolis (24,43%) tinham índices bem próximos aos de Formoso do Araguaia que tinha um índice na casa do 22,09%. Inclusive, o município de Santa Tereza do Tocantins tinha um índice de pobreza proporcional (19,51%) menor do que Formoso do Araguaia, conforme demonstra o quadro 09, para o ano de 2010.

Os patamares próximos ou ligeiramente maiores entre os municípios onde há atividade econômica do agronegócio e os municípios onde não há esta atividade, parecem-nos uma situação contraditória. Sabendo que nas localidades em que há atividade econômica do agronegócio, é esperado que o desenvolvimento socioeconômico local e regional sejam melhores juntamente com os indicadores sociais. O fato é que a atividade econômica do agronegócio pode aumentar o PIB per capita municipal, regional e nacional, mas no que diz respeito aos indicadores sociais não parece ter a mesma tendência de acordo com os dados listados no quadro nº 08. Em tese, no município de Formoso do Araguaia, estes indicadores sociais deveriam ser menores aos outros municípios (Aguiarnópolis, Nova Rosalandia, Pindorama do Tocantins, Santa Tereza do Tocantins e Tocantinópolis) acima referidos entre o período de 1991 e 2010, onde a atividade econômica do agronegócio não atua.

Os dados do quadro nº 09, demonstram-nos que os municípios de Dianópolis (0,54), Goiatins (0,54), Lagoa da Confusão (0,49), Mateiros (0,44), Monte do Carmo (0,53) e Santa Rosa do Tocantins (0,49) apresentam indicadores de desigualdade social - índice de Gini menor do que Formoso do Araguaia que detém 0,56 para o ano de 1991. Com referência ao ano de 2000, os municípios de Alvorada (0,53), Aparecida do Rio Negro (0,46), Guaraí (0,55), Monte do Carmo (0,54), Pedro Afonso (0,59), Porto Nacional (0,60) e Silvanópolis (0,56) também detêm o índice de Gini menor do que Formoso do Araguaia que detinha um índice da ordem de 0,61. Observando dados mais recentes – ano de 2010, os municípios de Alvorada (0,47), Aparecida do Rio Negro (0,48), Lagoa da Confusão (0,51) e Pedro Afonso (0,50) detêm o índice de Gini menor do que o município de Formoso do Araguaia que detém 0,52.

Quadro nº 08. Perfil municipal Indicadores de pobreza. Proporção de pobres (%) – 1991-2010			
Tocantins.	Ano		
Municípios	1991	2000	2010
Alvorada	33,11	24,22	11,18
Aparecida do Rio Negro	73,58	47,17	29,85
Campos Lindos	72,98	62,43	51,98
Dianópolis	49,48	45,68	22,52
Formoso do Araguaia	56,26	45,01	22,09
Goiatins	81,14	76,70	53,72
Guaraí	44,75	34,71	15,09
Lagoa da Confusão	65,85	48,46	24,83
Mateiros	89,60	71,18	34,71
Monte do Carmo	66,37	54,06	37,40
Pedro Afonso	46,64	41,92	12,59
Porto Nacional	43,94	37,54	13,79
Santa Rosa do Tocantins	59,06	65,51	39,15
Silvanópolis	72,30	55,23	25,87
Locais sem a atividade econômica do agronegócio			
Aguiarnópolis	59,96	66,09	22,35
Arraias	60,52	56,73	35,31
Esperantina	86,97	80,71	58,86
Nova Rosalândia	55,22	49,69	33,45
Oliveira de Fátima	82,91	53,59	30,68
Pindorama do Tocantins	69,88	45,80	41,73
Santa Tereza do Tocantins	70,79	67,65	19,51
São Félix do Tocantins	91,16	71,11	56,99
Tocantinópolis	65,92	52,90	24,43
Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano - PNUD-2013. IPEA e FJP. Organizado pelo autor.			

Quadro nº 09. Perfil municipal Indicadores de desigualdade social - Índice de Gini 1991-2010			
Tocantins.	Ano		
Municípios.	1991	2000	2010
Alvorada	0,63	0,53	0,47
Aparecida do Rio Negro	0,56	0,46	0,48
Campos Lindos	0,56	0,70	0,67
Dianópolis	0,54	0,59	0,57
Formoso do Araguaia	0,56	0,61	0,52
Goiatins	0,54	0,73	0,61
Guaraí	0,56	0,55	0,61
Lagoa da Confusão	0,49	0,66	0,51
Mateiros	0,44	0,61	0,52
Monte do Carmo	0,53	0,54	0,62
Pedro Afonso	0,57	0,59	0,50
Porto Nacional	0,58	0,60	0,54
Santa Rosa do Tocantins	0,49	0,65	0,54
Silvanópolis	0,61	0,56	0,56
Locais sem a atividade econômica do agronegócio.			
Aguiarnópolis	0,45	0,62	0,48
Arraias	0,63	0,69	0,61
Esperantina	0,50	0,68	0,55
Nova Rosalândia	0,48	0,66	0,52
Oliveira de Fátima	0,62	0,73	0,55
Pindorama do Tocantins	0,62	0,49	0,56
Santa Tereza do Tocantins	0,58	0,58	0,47
São Félix do Tocantins	0,27	0,79	0,64
Tocantinópolis	0,60	0,60	0,52
Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano. PNUD-2013. IPEA e FJP. Organizado pelo autor			

No intervalo de 1991 a 2010, Formoso do Araguaia teve um avanço na variação sobre os indicadores de desigualdade social muito tímido, inclusive, entre 1991 e 2000, este indicador aumentou de 0,56 para 0,61, conforme aponta os dados do quadro nº 09 acima. Dentro do conjunto dos municípios listados, Formoso do Araguaia apresenta um indicador de desigualdade social superior do que aos demais listados. Os municípios de Alvorada, Campos Lindos, Formoso do Araguaia, Goiatins, Guaraí, Monte do Carmo, Porto Nacional, Santa Rosa do Tocantins e Silvanópolis ainda apresentam um índice de desigualdade social acentuado para as duas últimas décadas. Mateiros e Campos Lindos que estão incluídos nesses municípios são os maiores exportadores de *commodities* no estado, entretanto, ainda apresentam um patamar de desigualdade social elevado. O mais contraditório é que observando os dados do quadro 09, os municípios de Campos Lindos, Dianópolis, Goiatins, Guaraí, Lagoa da Confusão, Mateiros, Monte do Carmo e Santa Rosa do Tocantins entre o

período de 1991 a 2010, percebe-se que os índices de desigualdade social – Índice de Gini, em vez de diminuir, pelo contrário, aumentaram.

No que diz respeito aos municípios onde não atua a atividade econômica do agronegócio, o Índice de Gini (indicadores de desigualdade social) como Aguiarnópolis (0,45), Esperantina (0,50), Nova Rosalândia (0,48) e São Félix do Tocantins (0,27) apresentam indicadores de desigualdade social menor do que Formoso do Araguaia (0,56) para o ano de 1991. Para o ano de 2000, os municípios de Pindorama do Tocantins (0,49), Santa Teresa do Tocantins (0,58) e Tocantinópolis com 0,60 apresentaram índices menores do que o município de Formoso do Araguaia que teve um patamar da ordem de 0,61, conforme podemos visualizar no quadro 09.

Pegando dados mais recentes – ano de 2010, os municípios de Aguiarnópolis e Santa Tereza do Tocantins apresentaram um índice de 0,48 e 0,47, respectivamente, portanto, menor do que os indicadores de desigualdade social de Formoso do Araguaia que apresentou um patamar de 0,52. Inclusive, os municípios de Nova Rosalândia e Tocantinópolis apresentaram os mesmos patamares de Formoso do Araguaia, ou seja, ambos tiveram o índice de 0,52 no mesmo período, conforme ilustra o quadro 09. Neste quesito, a atividade econômica do agronegócio não proporcionou a redução da desigualdade social nos municípios produtores de soja, de forma que a redução de desigualdade social ficasse menor do que nos municípios onde não há a atividade econômica do agronegócio, o que para nossa avaliação é uma situação paradoxal.

Observando ainda o quadro 09, podemos perceber que nos municípios de Arraias, Oliveira de Fátima, Pindorama do Tocantins, Santa Tereza do Tocantins e Tocantinópolis, onde a atividade do agronegócio não atua, os índices de desigualdade social (Índice de Gini) tiveram uma queda notável entre o período de 1991 a 2010. Ao passo que no mesmo período, nos municípios de Campos Lindos, Dianópolis, Goiatins, Guaraí, Lagoa da Confusão, Mateiros e Santa Rosa do Tocantins os índices de desigualdade social aumentaram. Em tese, a atividade econômica do agronegócio não foi capaz de reduzir os índices de concentração de renda nestes municípios.

Reflexões finais

Ao fazer análises e avaliações elaboradas a partir destes indicadores, não podemos esquecer estes têm uma racionalidade político-ideológica da ONU e dos países mais ricos do Ocidente. Em outras palavras, os parâmetros avaliados e mensurados são alinhados aos critérios da geopolítica dos países desenvolvidos. A ideia de qualificar o nível de subdesenvolvimento da população a partir de uma metodologia multidimensional (índice de longevidade, educação, saúde, pobreza e extrema pobreza) ou chamar um número de pessoas consideradas multidimensionalmente *pobres*, é um procedimento sem uma reflexão mais aprofundada sobre a realidade real dos países mais pobres. É negar a sociedade constituída de classes em todos os cantos do planeta.

Dentro do modo de produção de capitalista, a nossa sociedade é composta por classes sociais diferentes. Não há agrupamento de indivíduos considerados ricos ou

pobres. O que há na verdade, são as classes sociais nos seus mais variados níveis sociais de renda presentes no centro ou na periferia do capitalismo. Os remédios das políticas públicas de desenvolvimento dos países mais ricos não vão acabar ou radicalizar a pobreza. A pobreza e as contradições sociais no espaço são frutos e desdobramentos da lógica contraditória do modo de produção capitalista. O termo multidimensional indica vários itens que compõe a pobreza. E nem todos os itens que são considerados necessidades para a sociedade capitalista, são necessidades de outras sociedades e etnias. As necessidades dos europeus não são as mesmas para os africanos e latino-americanos. Partindo deste pressuposto, os critérios indicados pela PNUD e IBGE são frágeis para avaliar a complexidade social, cultura e econômica das diferentes nações.

Entretanto, são dados oficiais empíricos que podem contribuir para o entendimento do grau de desenvolvimento humanos dos países, como os dados estatísticos do IBGE. Sabemos que o agronegócio que é uma atividade econômica altamente concentradora de renda e socialmente excludente, não é novidade para ninguém, que trará riquezas apenas para a burguesia a ela associada, por isso, não eleva o Índice de Desenvolvimento Humano, de forma desejável para as localidades, onde essa atividade atua. Como podemos observar nos municípios analisados através dos dados estatísticos do PNUD, mesmo nas localidades onde atua a atividade econômica do agronegócio, há ainda concentração de renda elevada. Sabemos também que o uso e apropriação da terra no Brasil estão concentrados nas mãos da burguesia nacional do agronegócio e o controle da produção, comercialização e distribuição dos bens no setor agropecuário é organizado pelas multinacionais que não são várias, pelo contrário, são algumas, tais como Monsanto, Bunge, ADM, Cargil e Syngenta. Estas empresas desterritorializam os atores locais e regionais, desintegram o preexistente. Criam-se também impactos ambientais sérios onde atuam.

REFERÊNCIAS

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil-. PNUD – 2000/2013

BARBOSA, Ycarim Melgaço. **Conflitos sociais na fronteira amazônica**: projeto Rio Formoso. Campinas-SP: Papirus, Goiania, 1996

Decreto Federal nº. 2.543, de 05 de janeiro de 1912: De Proteção e Amparo da Borracha Amazônica.
Decreto nº 2.543-a, de 5 de janeiro de 1912 do governo federal

Decreto-Lei de agosto de 1953: criou a Superintendência da Amazônia Legal.

IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Dados extraídos do <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php>. 2010

LACOSTE, Yves. **Geografia do subdesenvolvimento**: geopolítica em crise. Tradução de Eduardo de Almeida Navarro e Wilson dos Santos. 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S/A, 1990.

OLIVEIRA, Wesley Pereira de; et ali. O planejamento do desenvolvimento regional na Amazônia e o ciclo ideológico do desenvolvimentismo no Brasil. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 35, n. 1, p. 201-230, jun. 2014.

RODRIGUES, Daniel Bartkus; CABRAL, José Pedro Cabrera. O Projeto Rio Formoso e a chegada da reprodução ampliada do capital na Região do Médio Araguaia: 1980-2012. In: SANTOS, Roberto de Souza; LIRA Elizeu Ribeiro; Manoel Calaça; Eguimar Felício Chaveiro. Orgs. **Território e diversidade territorial no cerrado**: cidades, projetos regionais e comunidades tradicionais. Goiânia-GO: Kelps, 2013.

www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm/ibge/cidades@.

INCISÕES EROSIVAS URBANAS: UM PROBLEMA AMBIENTAL EM BOM JESUS DAS SELVAS (MA)

José Sidney Barros

Universidade Estadual do Piauí – UESPI –
Departamento de Engenharia Civil – Teresina -
Piauí

Serviço Geológico do Brasil/CPRM

José Milton de Oliveira Filho²

Serviço Geológico do Brasil/CPRM
Teresina - Piauí

RESUMO: A análise do comportamento hidrológico superficial e a erodibilidade dos solos na região de Bom Jesus das Selvas (MA) é o foco desse trabalho com base nas características das incisões erosivas instaladas na zona urbana do município, principalmente a intensidade e proporções na forma de sulcos, ravinas e, de modo particular e predominante, voçorocas. Foram analisadas e contempladas no estudo as características das incisões e suas relações de causa e efeito com a chuva, uso e ocupação do solo e susceptibilidade ao risco de erosão, como resposta a uma combinação de fatores ambientais tais como tipos de solo, formas de relevo e da cobertura vegetal paralelamente ao uso urbano do solo. Instaladas em área de exposição das litologias da Formação Itapecuru, as voçorocas são do tipo ramificadas e para sua instalação ficou muito evidente a contribuição da falta de eficiente drenagem pluvial e o fato de que todas as incisões apresentam, nas suas cabeceiras, canaletas e/ou tubulações

responsáveis pelo seu avanço e crescimento como resposta ao fenômeno de retroerosão ou *piping*. A instalação desse processo tem relação direta com a elevada erodibilidade pedológica local associada às formas inadequadas de uso, ocupação e extração indiscriminada e não planejada de areia e seixos para uso na construção civil.

URBAN EROSIVE INCISIONS: AN ENVIRONMENTAL PROBLEM IN BOM JESUS DAS SELVAS (MA)

ABSTRACT: The analysis of the surface hydrologic behavior and the soil erodibility in the Bom Jesus das Selvas (MA) region is the focus of this work, based on the characteristics of the erosive incisions installed in the urban area of the municipality, mainly the intensity and proportions in the form of grooves, Ravines and, in particular and predominantly, gullies. The characteristics of the incisions and their cause and effect relationships with rain, soil use and occupation and susceptibility to erosion risk were analyzed and contemplated in the study as a response to a combination of environmental factors such as soil types, relief forms and the vegetal cover parallel to the urban use of the soil. Installed in an area of exposition of the lithologies of the Itapecuru Formation, the gullies are of the

branched type and for their installation it was very evident the contribution of the lack of efficient pluvial drainage and the fact that all the incisions present, in their headwaters, channels and / or Piping responsible for its advancement and growth in response to the phenomenon of backscattering or piping. The installation of these processes has a direct relation with the high local erodibility associated to the inadequate forms of use and occupation in the region and indiscriminate and unplanned extraction of sand and pebbles for use in civil construction.

INTRODUÇÃO

A instalação de processos erosivos (sulcos, ravinas e voçorocas) e o subsequente surgimento das respectivas feições estão na dependência direta das variações das taxas de erosão condicionadas pela ação de fatores controladores, como os processos hidrológicos, as propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal (Guerra 1994) e a intervenção antrópica.

Nas áreas urbanizadas predomina a concentração de fluxo como consequência das enormes deficiências ou mesmo ausências do sistema de drenagem (Lloret Ramos 1995). O condicionamento e controle desse fluxo superficial e a determinação de um ponto de lançamento seguro são medidas preventivas e importantes para agravamentos futuros e transferência de problema para jusante. Nesses casos, a adoção de obras de drenagem superficial (sarjetas, bocas-de-lobo, rede coletora, poços de visita, poços de queda e emissários) em associação com dissipadores de energia, ambas de caráter provisório ou definitivo são necessárias. A identificação dos vários estágios de evolução das ravinas é de importância fundamental, bem como o que distingue uma ravina de uma voçoroca diante das diversas definições que podem ser encontradas na literatura internacional e nacional (Ireland 1939; Heede 1970; Imeson e Kwaad 1980; Ponçano e Prandini 1987). Predominam distinções de caráter dimensional, segundo o qual ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade e, acima desses valores, seriam denominadas de voçorocas.

Segundo Valentin *et al.* (2005), os principais fatores controladores de erosão, por voçorocas, são: a) características topográficas (gradiente da encosta e solos encrostados, encostas e área crítica de drenagem); b) solos e controles litológicos (solo / litologia / fatores geomorfológicos, encrostamento do solo, *piping*); c) uso da terra (mudanças atuais relativas ao uso da terra, abertura de estradas e ampliação de lotes urbanos, uso da terra no passado e mudanças climáticas); e d) mudanças climáticas. Declividade, comprimento e forma da encosta são características particulares da encosta com reflexo direto na erosão. O conceito adotado neste trabalho caracteriza voçoroca como incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em **U** (Vieira 1998) e profundidade superior a 1,5 m (Figura 1).

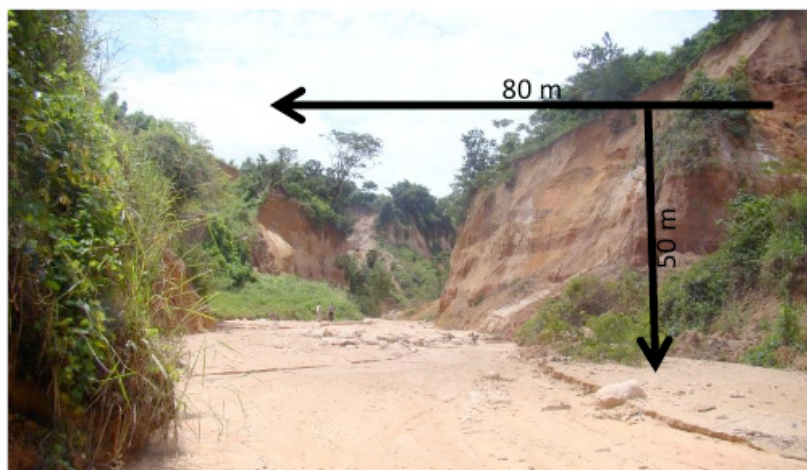


Figura 1: Voçoroca: valores médios para largura e altura em Bom Jesus das Selvas (MA).

MEIO FÍSICO

O município de Bom Jesus das Selvas está inserido na Mesorregião Oeste maranhense, Microrregião Pindaré, compreendendo uma área de 2.679 km², população aproximada de 33.615 habitantes e densidade demográfica de 10,62 habitantes/km², (IBGE 2016). Limita-se ao Norte com Bom Jardim; ao Sul, com Amarante do Maranhão; a Leste, com Buriticupu; e a Oeste, com Açailândia. A sede municipal, de coordenadas na Zona 23M, Longitude UTM 294629 m E e Latitude UTM 9504272 m S.

A área do município está inserida nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba implantada, segundo Brito Neves (1998), sobre os riftes cambroordovicianos de Jaibaras, Jaguarapi, Cococi/Rio Jucá, São Julião e São Raimundo Nonato. Compreende as supersequências Silurianas (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássica (Grupo Balsas) de Góes e Feijó (1994). Na área do município, o Cretáceo está representado pela Formação Itapecuru (K12it); o Terciário, pelos Depósitos Detrito-Lateríticas (Nd); e o Quaternário pelos Depósitos Flúvio-Lagunares (Qfl).

Os solos da região estão representados por Latossolos Amarelos e Podzólico-Vermelho Amarelo (EMBRAPA 2006). São solos profundos, de bem a acentuadamente drenados, horizontes de coloração amarelada, textura média e argilosa, encontradas em áreas de topos de chapadas, relevo plano com pequenas e suaves ondulações.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada obedeceu a uma abordagem sistêmica, onde os dados foram analisados em separado, e em conjunto, na tentativa de entender a importância de cada componente natural e antrópico e as suas inter-relações e contribuições no processo de surgimento e expansão das voçorocas locais. Para tanto, partiu-se de um levantamento detalhado das áreas com descrição dos aspectos físicos naturais *in loco* diante da carência de estudos nessa região. Com utilização de imagens históricas

(ferramenta Google Earth, 2017) foi feito um comparativo entre os anos de 1969 até 2017 das características e avanço das voçorocas e suas relações com aspectos físicos do terreno e ocupação, depois submetidos a uma validação no terreno nem sempre possível por total falta de dados anteriores. Uma análise estatística de alguns aspectos físicos foram executadas bem como uma análise qualitativa utilizando alguns aspectos ambientais das áreas para além da análise das influências antrópicas para o desenvolvimento das voçorocas.

As dimensões de cada incisão (comprimento, largura e profundidade) foram obtidas diretamente em campo através do uso do hipsômetro. De posse desses dados foi calculado a área aproximada de cada voçoroca (comprimento x largura = área m²) que multiplicada pelos valores de profundidade média pode-se estimar o volume médio erodido (área x profundidade = m³). Com os valores encontrados para o volume erodido, pode-se classificar as voçorocas quanto ao tamanho. Essa classificação permite ter-se uma melhor visualização da magnitude da feição e do volume erodido e a contribuição de cada área para o assoreamento de canais próximos bem como das modificações das características ambientais próximas da área afetada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados observados e coletados no campo evidenciam uma combinação de fatores antrópicos e naturais como desencadeadores dos processos de voçorocamento na região de Bom Jesus das Selvas (MA), com influência mais direta do desmatamento, terraplanagem, implantação de obras de engenharia, sistema de drenagem deficiente, comprimento da encosta e declividade na base da encosta principalmente onde a incisão erosiva expõe o nível do arenito conglomerático e arcoseano da Formação Itapecuru. Diferentes feições erosivas são encontradas no interior de ravinas e voçorocas, como resultado dos mecanismos responsáveis por estas erosões: alcovas de regressão, marmitas, costelas, ravinas, sulcos, quedas de água e solapamento de base/margens do canal.

As voçorocas estudadas ocorrem em três pontos distintos da sede municipal e caracterizam-se, para além das incisões profundas, por movimentos gravitacionais de massa, mais especificamente deslizamentos e/ou queda de blocos, induzidos, principalmente por corte, aterro e terraplanagem em base de morros e encostas, para abertura de estradas e para conformação de lotes e respectivas ruas e recepção de águas pluviais e servidas (Figura 2). O processo de voçorocamento com tipologia *piping* é ativo e em plena expansão e atingimento de novas áreas com crescimento da voçoroca em direção ao centro das urbanizações do município relacionado mais diretamente à exploração mineral com retirada de material para construção civil; ao direcionamento natural e canalização das águas pluviais para essas áreas gerando sulcos, ravinas e finalmente as voçorocas; e ao desmatamento e terraplanagem para instalação de novos núcleos urbanos. Das obras de engenharia a que mais

diretamente associa-se ao surgimento e avanço das voçorocas e danos respectivos são as construções rodoviárias, a partir das áreas exploradas como jazida, nos pontos de lançamento das águas dos sistemas de drenagem e em locais de concentração de fluxo devido a própria implantação da rodovia.



Figura 2: Voçorocas urbanas em Bom Jesus das Selvas_MA – centro (fotografias 1, 2 e 3); região SW da cidade (fotografia 4, 5 e 6); BR 222/entrada da cidade (fotografias 7, 8 e 9). Setas: em vermelho – terminações de drenagens e tubulações; em azul – direção das linhas de água. Linha tracejada: superfície de deslizamento.

Como dano ambiental, as voçorocas provocam a instabilidade e inadequação da área de entorno e perda de um grande volume de solo que, ao ser transportado, vai assorear cursos de água a jusante dessas incisões. Do ponto de vista dos danos materiais merece destaque a perda de áreas, destruição de estruturas urbanas (vias de acesso, canaletas, poste da rede elétrica, tubulação de águas servidas e tratadas, canais pluviais) e moradias.

Pode-se defender para essa região uma forte correlação entre o comprimento da encosta, declividade da encosta, declividade do terreno, comprimento, profundidade e largura da voçoroca, volume erodido e área ocupada pela incisão e a geologia, geomorfologia predominante na região e nível de urbanização, este último atuando

como um forte condicionador e desencadeador dos processos associados ao surgimento e expansão das voçorocas. A urbanização está associada, para o processo de instalação, a alterações na drenagem, desmatamento, terraplanagem e exploração mineral com retirada de material nas proximidades para uso na construção civil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os danos ambientais são visíveis e significativos, desde a descaracterização da área e entorno das voçorocas até perdas de solo com subsequente assoreamento e comprometimento de áreas a jusante e destruição de aparelhos urbanos, como vias de acesso, postes elétricos, tubulação de águas servidas, canais fluviais, etc..

Do ponto de vista da influência antrópica, o desmatamento e terraplanagem foram responsáveis pelas condições ideais nessas superfícies dissecadas para a deflagração de processos de voçorocamentos, que aliados a sistemas de drenagem pluviais ineficientes tornam mais rápido o surgimento dessas incisões, relacionadas à extração de cascalho ou seixo para construção de vias de transporte prioritariamente, potencializadas e aceleradas pelas intervenções de outros fatores ambientais e antrópicos locais.

A degradação dos solos urbanos e rurais em consequência do manejo inadequado e/ou implantação de obras de engenharias e saneamento mal dimensionadas e inadequadas é significativa e preocupante, podendo ser considerada como um dos mais preocupantes problemas ambientais atuais do município diante da dimensão e atividade do processo erosivo que divide e compromete a urbanização instalada e por instalar na cidade de Bom Jesus das Selvas (MA).

REFERÊNCIAS

IRELAND, H. A.; Shape, C. F. S.; Eagle, D. H. 1939. Principles of gully erosion in the Piedmont of South Carolina. Washington, S. C., USDA. (Technical Bulletin, 633).

BIGARELLA, J.J. & Mazuchowski, J.Z. 1985. Visão Integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., Maringá, 1985. Anais. Maringá, ABGE, ADEA. 322p.

BRITO NEVES, B.B. 1998. The Cambro-ordovician of the Borborema Province. São Paulo, USP, Boletim IG, Série Científica, 29:175-193

EMBRAPA. **Solos do Nordeste**. Recife, 2006. Disponível em: <(www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html)>. Acesso em: 11 jun. 2011.

Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. 1994. (orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

HEEDE, B.H.1970. Morfology of gullies in the Colorado Rocky Mountains. International Association of Scientific Hydrology Bulletin, v. 15, n. 2, p. 79-89.

IBGE. 2016. Censo 2016: Estimativa populacional dos municípios brasileiros. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 28.06.2017 às 14h41.

IBGE. 1997. Zoneamento Geombiental do Estado do Maranhão. Diretrizes Gerais para a Ordenação Territorial. Salvador: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ma/bom-jesus-das-selvas/panorama>

IMESON, A.C.; KWAAD, F.J.P.M. 1980. Gully types and gully prediction. K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift, v. XIV, n. 5, p. 430-441.

LLORET Ramos, C. 1995 Erosão urbana e produção de sedimentos In: Drenagem urbana. Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. ABRH 428 p.

PONÇANO W.L. & Prandini F.L. 1987. Boçorocas no estado de São Paulo: uma revisão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, 1987, Marília. Anais... São Paulo: ABGE/DAEE, 1987. v.1, p149-177.

VALENTIN, C.; Poesen, J.; Yong LI. 2005. Gully erosion: impacts, factors and control. In: **Catena**. No. 63. p. 132-153

VIEIRA, A. F. G. 1998. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. (Dissertação de Mestrado). Florianópolis: DPGG/UFSC. 181 p.

MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL E ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Tânia Barbosa de Freitas

Universidade do Estado da Bahia – UNEB,
Departamento de Educação
Senhor do Bonfim – Bahia;

Bolsista Voluntária do Programa de Iniciação Científica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB (2017/2018)

Mirian Ferreira de Brito

Universidade do Estado da Bahia – UNEB,
Departamento de Educação
Senhor do Bonfim – Bahia

RESUMO: As duas primeiras etapas da educação básica podem ser consideradas como as mais significativas para a escolarização. Neste momento diferenciado, o brincar pode ter papel relevante quando aproxima ensino e aprendizagem. E isto pode ser facilitado quando incluímos materiais didáticos apropriados, especialmente para o ensino de geometria. Para tanto, buscamos como objetivo de pesquisa identificar os conteúdos de geometria indicados para a educação infantil e os anos iniciais do ensino fundamental em documentos oficiais, bem como, catalogar materiais didáticos que facilitem o ensino de geometria para estas etapas de escolaridade. Desta maneira, nos apoiamos numa abordagem qualitativa por meio da coleta de informações em documentos oficiais do governo, livros, artigos e sites

de internet, cujos resultados preliminares foram apresentados num Projeto de Iniciação Científica na Universidade do Estado da Bahia. Os resultados da pesquisa mostraram que os conteúdos de geometria indicados para as duas primeiras etapas da educação foram sintetizados pela BNCC (2017), quando comparados com o RCNEI (1998) e PCN (1997). Os resultados mostraram ainda, uma quantidade razoável de materiais didáticos que apresentam jogos e atividades que fazem parte do conhecimento das crianças; materiais que foram adaptados de outros jogos; materiais específicos em relação ao ensino de geometria; e materiais já tradicionalmente utilizados para o ensino de geometria.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de geometria. Materiais didáticos. Educação infantil. Anos iniciais do ensino fundamental.

TEACHING MATERIALS FOR GEOMETRY EDUCATION IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION AND THE INITIAL YEARS OF ELEMENTARY SCHOOL

ABSTRACT: The first two stages of basic education can be considered as the most significant for schooling. At this differentiated moment, playing can have a relevant role when approaches teaching and learning. And this can

be facilitated when we include appropriate teaching materials, especially for the teaching of geometry. To do so, we seek as objective of research to identify the geometry content indicated for early childhood education and the initial years of elementary school in official documents, as well as catalog teaching materials that facilitate the teaching of geometry for these stages of schooling. In this way, we relied on a qualitative and bibliographical approach through the collection of information in official government documents, books, articles and websites, whose preliminary results were presented in a Scientific Initiation Project at the Bahia State University. The research results showed that the geometric content indicated for the first two stages of education were synthesized by National Curricular Common Base (BNCC, 2017), when compared to National Curriculum Framework for Early Childhood Education (RCNEI, 1998) and National Curricular Parameters (PCN, 1997). The results still showed a reasonable amount of teaching materials that present games and activities that are part of children's knowledge; materials that have been adapted from other games; specific materials in relation to geometry teaching; and materials already traditionally used for the teaching of geometry.

KEYWORDS: Geometry teaching. Teaching materials. Childhood education. First years of Elementary School.

1 | INTRODUÇÃO

As duas primeiras etapas de escolarização das crianças se constituem como as mais significativas da educação básica. Nelas o brincar tem importante papel que pode auxiliar no desenvolvimento da aprendizagem. Segundo Navarro (2009), no contexto atual em que as famílias modificaram seus hábitos em relação à vivência, sustento e criação das crianças, o brincar precisa ser entendido como direito e necessidade. Muitas vezes, é na escola que elas têm maior oportunidade de realizar esta prática.

De acordo com alguns autores, a exemplo de Carmo e Marcondes (2011), vários documentos e pesquisas sinalizam a inclusão do brincar no ensino fundamental, mesmo assim, a realidade ainda é outra. Para os autores (2011, p. 4436), “[...] há que se alterar as concepções de tempo e espaço da escola, concebendo outras possibilidades além da sala de aula e outras práticas pedagógicas que não sejam restritas somente ao giz e a lousa.”

Neste sentido, a escola pode favorecer atividades que ampliem o tempo do brincar para as crianças, tanto da educação infantil, quanto dos anos iniciais do ensino fundamental, se buscar a utilização de materiais didáticos para conteúdos como os de matemática.

Para Freitas (2007, p. 21), materiais didáticos, equipamentos didáticos, recursos ou tecnologias educacionais “[...] são todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, visando à estimulação do aluno e à sua aproximação do conteúdo.” Nesta perspectiva, Lorenzato (2006) afirma que materiais didáticos como giz, calculadora, filme, livro, quebra-cabeça, jogo, embalagem, transparência e até

imagem gráfica, podem ser benéficos ao ensino-aprendizagem.

Para Rodrigues e Gazire (2012), a simples utilização de materiais didáticos foi entendida por muito tempo como suficiente para garantir a plena aprendizagem de conceitos. Os autores advertem, entretanto, que para o sucesso de uma atividade deve-se levar em consideração os objetivos previamente determinados e a atuação do professor para com o material selecionado.

A utilização de materiais didáticos pode auxiliar no ensino de conteúdos matemáticos, especialmente conteúdos geométricos, na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental quando são feitas escolhas adequadas e articuladas de conteúdos e materiais. Em relação à geometria, o Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil – RCNEI (BRASIL, 1998, p. 230), afirma:

[...] a contribuição do adulto, as interações entre as crianças, os jogos e as brincadeiras podem proporcionar a exploração espacial em três perspectivas: as relações espaciais contidas nos objetos, as relações espaciais entre os objetos e as relações espaciais nos deslocamentos.

Para tanto, procuramos por meio de uma pesquisa qualitativa, selecionar materiais didáticos que podem auxiliar no ensino de geometria para a educação infantil e para os anos iniciais do ensino fundamental, baseados nos conteúdos sugeridos ou indicados nos documentos oficiais do governo brasileiro.

1.1 CONTEÚDOS GEOMÉTRICOS NOS DOCUMENTOS OFICIAIS

Para a realização da pesquisa procuramos identificar os conteúdos geométricos sugeridos ou indicados para a educação infantil e anos iniciais do ensino fundamental por meio de documentos oficiais do governo brasileiro. Para isto, optamos por três documentos: Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil – RCNEI (BRASIL, 1998), Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática – PCN (BRASIL, 1997) e Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2017). Nossa escolha justifica-se pela menção que os documentos fazem aos conteúdos e, mesmo que a BNCC seja o documento mais recente a trazer esse contexto, o RCNEI e os PCN foram os primeiros a sugerir conteúdos para a educação básica.

Nos documentos a geometria faz parte do elenco dos conteúdos de matemática, e é destacada por “eixos” no Referencial e Parâmetros e, por “campos de experiência” na BNCC. Desta maneira, os documentos frisam a necessidade do ensino de geometria para as duas primeiras etapas da educação.

Para o RCNEI (BRASIL, 1998, p. 230) a geometria na educação infantil pode se consolidar como um experiência significativa que “[...] possibilita a construção de sistemas de referências mentais mais amplos que permitem às crianças estreitarem a relação entre o observado e o representado.”

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática (BRASIL,

1997, p. 81-82),

[...] É o aspecto experimental que colocará em relação esses dois espaços: o sensível e o geométrico. De um lado, a experimentação permite agir, antecipar, ver, explicar o que se passa no espaço sensível, e, de outro, possibilita o trabalho sobre as representações dos objetos do espaço geométrico e, assim, desprender-se da manipulação dos objetos reais para raciocinar sobre representações mentais.

A Base Nacional Comum Curricular destaca que as crianças são levadas frequentemente ao conhecimento matemático nas suas experiências com o mundo físico e sociocultural e, por isso, precisam “[...] fazer observações, manipular objetos, investigar e explorar seu entorno, levantar hipóteses e consultar fontes de informação para buscar respostas às suas curiosidades e indagações. [...]” (BRASIL, 2017, p. 41).

Para a educação infantil, o RCNEI (BRASIL, 1998) destaca como possibilidade de ensino, a aprendizagem de posição, propriedades geométricas de objetos e figuras, representação de objetos em duas e três dimensões, localização e distância. Para o RCNEI (BRASIL, 1998, p. 229),

[...] as experiências das crianças, nessa faixa etária, ocorrem prioritariamente na sua relação com a estruturação do espaço e não em relação à geometria propriamente dita, que representa uma maneira de conceituar o espaço por meio da construção de um modelo teórico. [...].

A BNCC, por sua vez, restringe um pouco a proposta e indica entre os seus cinco campos de experiências para a educação infantil, que a aprendizagem para geometria deve enfatizar a relação entre “dimensões”, “avaliação de distâncias” e o “reconhecimento de formas geométricas”. (BRASIL, 2017, p. 41).

Nos PCN (BRASIL, 1997), a geometria proposta para os anos iniciais do ensino fundamental é ampliada em relação à educação infantil. Indicaram a aprendizagem relacionada à posição, localização, poliedros, figuras tridimensionais e planas.

Na BNCC (BRASIL, 2017, p. 270), a proposta para os anos iniciais do ensino fundamental, de certo modo também é reduzida como na educação infantil e, portanto, indicou que os alunos devem identificar e estabelecer “pontos de referência para a localização e o deslocamento de objetos”, construir “representações de espaços conhecidos” e estimar “distâncias”.

Para resumir, construímos abaixo um Quadro com os conteúdos propostos pelos documentos oficiais analisados.

EDUCAÇÃO INFANTIL		ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	
RCNEI	BNCC	PCN	BNCC

posição	relação entre dimensão	posição	localização e deslocamento de objetos
propriedade geométricas de objetos e figuras	avaliação de distâncias	localização	representações de espaços conhecidos
representação de objetos em duas e três dimensões	reconhecimento de formas geométricas	poliedros	distâncias
localização		figuras tridimensionais e planas	
distância			

QUADRO 1 – A GEOMETRIA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS: RCNEI, PCN e BNCC

FONTE: RCNEI (1998), PCN (1997), BNCC (2017)

Os documentos analisados mostraram temáticas que envolvem posição, localização, dimensão e distâncias da própria criança e de objetos à sua volta e, ainda, reconhecimento, representação e propriedades de objetos e figuras geométricas planas e espaciais. Estes conhecimentos, por sua vez, podem ganhar maior impacto se ensinados por meio de materiais didáticos previamente selecionados.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa de características qualitativas (LÜDKE; ANDRÉ, 1986) foi realizada buscando inicialmente a sistematização dos conteúdos sugeridos e propostos para a geometria na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental. Desta maneira, após a leitura e escolha dos documentos oficiais para compor esta pesquisa, buscamos referenciais bibliográficos, por meio de livros na Biblioteca Maria Aparecida Salama, do Departamento de Educação/Campus VII da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Os livros escolhidos deveriam apresentar materiais didáticos destinados ao ensino de geometria para a educação infantil e para os anos iniciais do ensino fundamental, ou deveriam expor materiais didáticos que facilmente poderiam ser adaptados para o ensino de tais conteúdos.

A coleta de informações levou-nos a escolher alguns livros que enfatizavam o ensino de matemática e de outras áreas, especialmente por meio de jogos, sendo que alguns deles poderiam ser adaptados para atividades com conteúdos de geometria. Encontramos dentre estes livros, alguns que destacavam a aprendizagem para a geometria, como por exemplo: “Cadernos do Mathema: Jogos de matemática de 1.º a 5.º ano” da autoria de Kátia Stocco Smole, Maria Ignez Diniz e Patrícia Cândido; e “Matematicativa” dos autores Rogéria Gaudêncio do Rego e Rômulo Marinho do Rego.

Nesses livros observamos ênfase nos jogos, especialmente com HEX e o Bingo de Formas para ensino de conteúdos geométricos nos anos iniciais do ensino fundamental. Algumas das atividades, no entanto, podem ser adaptadas para a educação infantil.

A coleta de informações também foi realizada em sites disponíveis na internet. Para isto, nos detivemos nos que traziam materiais didáticos para o ensino de conteúdos geométricos ou para conteúdos de matemática desde que pudessem ser adaptados para a geometria nesses espaços educacionais.

As informações coletadas foram catalogadas e estão em processo de armazenamento físico e virtual. Como destaque, podemos citar quatro sites de universidades públicas brasileiras que listaram materiais didáticos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Universidade de São Paulo – USP, Universidade Federal do Ceará – UFC (BARGUIL, 2018) e Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

Nos Quadros 2 e 3 apresentamos os materiais didáticos destacados para o ensino de geometria na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental, respectivamente.

MATERIAL DIDÁTICO	UNIVERSIDADE
blocos lógicos kit de provas piagetianas sólidos geométricos pentaminós	Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
bolas de gude jogo da memória mapa da escola	Universidade de São Paulo - USP
Fiplan	Universidade Federal do Ceará - UFC

QUADRO 2 – MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL

FONTE: UTFPR, USP, UFC, 2018

MATERIAL DIDÁTICO	UNIVERSIDADE
blocos lógicos material dourado Escala Cuisenaire sólidos geométricos discos de frações ábaco tangram pentaminós geoplano	Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
baralho bolas de gude jogo da memória loto canudos plásticos figurinhas	Universidade de São Paulo - USP

Fiplan	Universidade de São Paulo - USP
jogos de tabuleiro	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

QUADRO 3 – MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

FONTE: UTFPR, USP, UFC, UNESP, 2018

As informações coletadas nos sites das universidades, em especial as destacadas nos Quadros, nos indicaram materiais de boa qualidade que podem facilitar o ensino de conteúdos de geometria para as duas fases de escolaridade que analisamos.

3 | OS RESULTADOS

A leitura e análise do RCNEI, PCN e BNCC nos permitiram uma visão ampla dos conteúdos que devem ser estudados nas duas etapas iniciais da educação. Além disso, podemos verificar uma diferença entre as sugestões dos conteúdos nos documentos mais antigos (RCNEI e PCN) e a indicação na BNCC. Verificamos em comparação ao RCNEI e aos PCN, que a BNCC fez uma sintetização de conteúdos destinados para a educação infantil e os anos iniciais do ensino fundamental. Neste sentido, o documento oficial mais recente – a BNCC, indica para a educação infantil uma aprendizagem voltada para a relação entre dimensão, avaliação de distâncias e reconhecimento de formas geométricas. Já para os anos iniciais do ensino fundamental, a BNCC indica a localização e deslocamento de objetos, representações de espaços conhecidos e distâncias.

A pesquisa foi realizada especialmente através da análise de livros e sites que apresentaram materiais didáticos para o ensino de geometria nas duas primeiras etapas da educação básica. Para tanto, destacamos neste artigo, os livros Cadernos do Mathema: Jogos de matemática de 1.º a 5.º ano e Matematicativa, bem como, quatro sites de universidades públicas brasileiras: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Universidade de São Paulo – USP, Universidade Federal do Ceará – UFC (BARGUIL, 2018) e Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

A coleta de informações remeteu-nos a materiais didáticos já conhecidos, de fácil acesso como as bolas de gude e canudos. Os materiais escolhidos nos indicaram também materiais adaptados como os jogos de tabuleiros; materiais didáticos mais específicos como o HEX, Material Dourado, Escala Cuisenaire e o Fiplan (BARGUIL, 2018); e ainda, materiais tradicionalmente conhecidos para o ensino de geometria como os jogos da memória, mapa, blocos lógicos, sólidos geométricos, discos de frações, ábaco, tangram, pentaminós e geoplano.

4 | CONCLUSÕES

A pesquisa realizada especialmente através da observância dos documentos oficiais e da coleta de informações nos livros e sites de internet, nos levou a catalogar os conteúdos indicados para a educação infantil e os anos iniciais do ensino fundamental, assim como, verificar uma quantidade razoável de materiais didáticos para o ensino de geometria, como era nosso propósito.

Os materiais didáticos selecionados e apresentados no presente artigo mostraram jogos e atividades que são do conhecimento das crianças; materiais didáticos que foram adaptados; materiais mais específicos em relação ao ensino de geometria; e ainda, materiais já tradicionalmente utilizados para o ensino do conteúdo.

Deste modo, pudemos destacar que as informações coletadas foram além das esperadas. Os materiais didáticos separados levaram-nos a várias reflexões, dentre elas, considerar o aspecto da brincadeira como prioridade no desenvolvimento das atividades com os materiais. Além disso, considerar futuramente a construção de alguns materiais didáticos que se assemelhem aos escolhidos na pesquisa, levando em consideração o aproveitamento de materiais de baixo custo ou de materiais normalmente descartados, e até mesmo a construção de materiais didáticos para o ensino de geometria com novas regras de utilização.

REFERÊNCIAS

BARGUIL, Paulo Meireles. Laboratório de Educação Matemática. Universidade Federal do Ceará. **Recursos didáticos**. [2018]. Disponível em: <<http://www.ledum.ufc.br/recursos-didaticos/>>. Acesso em: 03 de mar. de 2018.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Referencial curricular nacional para a educação infantil**. v. 3. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/volume3.pdf>>. Acesso em: 03 de set. de 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Educação é a Base. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>>. Acesso em: 24 de abr. de 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>>. Acesso em: 03 de set. de 2017.

CARMO, Clayton da Silva; MARCONDES, Keila Hellen Barbato. **O brincar no ensino fundamental de nove anos: reflexões sobre as expectativas de aprendizagem da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo**. In: X Congresso Nacional de Educação – EDUCERE; I Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação – SIRSSE. Curitiba: PUC-PR, 7 a 10 nov. 2011, p. 4434-4445. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/~defmh/spqmh/pdf/2011/Educere2011BrincarSSP.pdf>>. Acesso em: 07 de maio de 2018.

FREITAS, Olga. **Equipamentos e materiais didáticos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/equipamentos.pdf>>. Acesso em: 03 de set. de 2017.

FREITAS, Tânia Barbosa de; BRITO, Mirian Ferreira de. **Materiais didáticos para o ensino de**

geometria na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental. Relatório Técnico Final. Projeto de Iniciação Científica – IC Voluntário. (2017-2018). 9f. Senhor do Bonfim: UNEB/FAPESB/CNPq, 2018.

LABEDU. Laboratório de Matemática (LABMAT) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP). Programa Unificado de Bolsas (PUB). Bolsista: Murilo Cattaneo Oliveira Mathias Cruz. 2017. <http://www.labeduc.fe.usp.br/?materials=materiais-didaticos-do-laboratorio-de-matematica>>. Acesso em: 03 de mar. de 2018.

LABORATÓRIO DE ENSINO DE MATEMÁTICA. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <<http://www.utfpr.edu.br/cornelioprocopio/cursos/licenciaturas/Ofertados-neste-Campus/matematica/laboratorios/laboratorios>>. Acesso em: 13 de mar. de 2018.

LABORATÓRIO DE MATEMÁTICA. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São José do Rio Preto: UNESP, 2014. Disponível em: <<http://www.ibilce.unesp.br/#!/departamentos/matematica/extensao/lab-mat/jogos-no-ensino-de-matematica/>>. Acesso em: 13 de mar. de 2018.

LORENZATO, Sérgio (org.). **O laboratório de ensino de matemática na formação de professores.** Campinas, SP: Autores Associados, p. 3-37, 2006 (Coleção Formação de Professores).

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

NAVARRO, Mariana Stoeterau. **O brincar na educação infantil.** In: IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE; III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia. Curitiba: PUC-PR, 26 a 29 de out. de 2009, p. 2123-2137. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2009/2693_1263.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2018.

REGO, Rogéria Gaudêncio do; REGO, Rômulo Marinho do. **Matematicativa.** João Pessoa: Editora da UFPB, 1997.

RODRIGUES, Fredy Coelho; GAZIRE, Eliane Scheid. **Reflexões sobre uso de material didático manipulável no ensino de matemática:** da ação experimental à reflexão. In: Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática. Florianópolis, v. 07, n. 2, p. 187-196, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/viewFile/1981-1322.2012v7n2p187/23460>>. Acesso em: 03 de set. de 2017.

SMOLE, Kátia Stocco; DINIZ, Maria Ignez Diniz; CÂNDIDO, Patrícia. **Cadernos do Mathema:** Jogos de matemática de 1.º a 5.º ano. Artmed, 2007.

MINERALIZAÇÃO AURÍFERA EM ZONA DE CISALHAMENTO, GARIMPO CUTIA, SERRA LESTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJAS, BRASIL

Gilberto Luiz Silva

Graduado em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais
Gerente de pesquisas na Marbrasa Mármore e Granitos do Brasil S/A
Vitória - ES
E-mail: gilbertoluizsilva@gmail.com

RESUMO: O Garimpo da Cutia é uma ocorrência de ouro inserida na Serra Leste, Província Mineral de Carajás. Esta ocorrência está relacionada a zonas de brechas com magnetita/hematita, hospedadas em rochas metavulcano-sedimentares hidrotermalizadas em contato com rochas ígneas de composição félsica. Este contato é marcado por uma zona de cisalhamento que hospeda veios de quartzo oxidados e brechas silicosas mineralizadas. Essa estrutura tem feições de uma zona de cisalhamento com características de ambiente rúptil-dúctil, mostrando alto grau de maturidade, representada por brechas e falhas, por foliação anastomosada e deformação de porfiroclastos com formação de indicadores cinemáticos. Estruturas como camadas rompidas e rotacionadas, tension gashes, foliação bem desenvolvida e de alto ângulo, são algumas evidências de uma zona de cisalhamento transcorrente. As atividades garimpeiras

executadas na área do projeto permitiram verificar que o ouro foi retirado de uma porção correspondente à zona de transição de uma seqüência gossânica, onde a zona oxidada do gossan compreende uma crosta ferruginosa superficial.

PALAVRAS-CHAVE: Garimpo Cutia; Ouro; Zona de Cisalhamento.

INTRODUÇÃO

O garimpo da Cutia está inserido na Serra Leste, Província Mineral de Carajás, sendo esta província, caracterizada por abrigar depósitos de classe mundial como Salobo, Igarapé Bahia, Alemão, Sossego e Cristalino. Estes depósitos são descritos geologicamente como depósitos do tipo IOCG (Iron Oxide Copper Gold), relacionados a zonas de brechas com magnetita/hematita, hospedadas em rochas metavulcano-sedimentares, destacando zonas de alteração hidrotermal, assembleia de minerais sulfetados, associação mineralógica, estilo de mineralizações, respostas geofísicas e controle estrutural. O garimpo da Cutia está a 22 km do garimpo de Serra Pelada, município de Curionópolis-PA, foi aberto em 1988. Nos anos que se seguiram, o local atraiu mais de 20 mil garimpeiros em busca do metal dourado. Quase

2 mil kg de ouro foram extraídos do local até 1992, quando o então governo brasileiro determinou o fim da extração manual dos garimpos em todo o País. Na área do projeto restou a cava principal do antigo garimpo onde afloram rochas hidrotermalizadas de composição máfica em contato com rochas félsicas de composição granodiorítica/tonalítica, ambas, bastante intemperizadas. Este contato é marcado por uma zona de cisalhamento que hospeda veios de quartzo oxidados e brechas silicosas mineralizadas com teores da ordem 10.9 e 20.10 g/t de ouro em intervalos de 5 metros interceptados na estrutura principal. Os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos pelo autor quando era o geólogo do projeto, através da empresa Colossus Minerals Inc. detentora até então dos direitos minerários, na qual foram realizados mapeamentos sistemáticos, geoquímica de solo, geofísica e uma campanha de 4.000 metros de sondagem para reconhecimento da estrutura e definição do modelo genético da mineralização. Este trabalho tem enfoque na estrutural, uma vez que a ocorrência está hospedada em uma zona de cisalhamento.

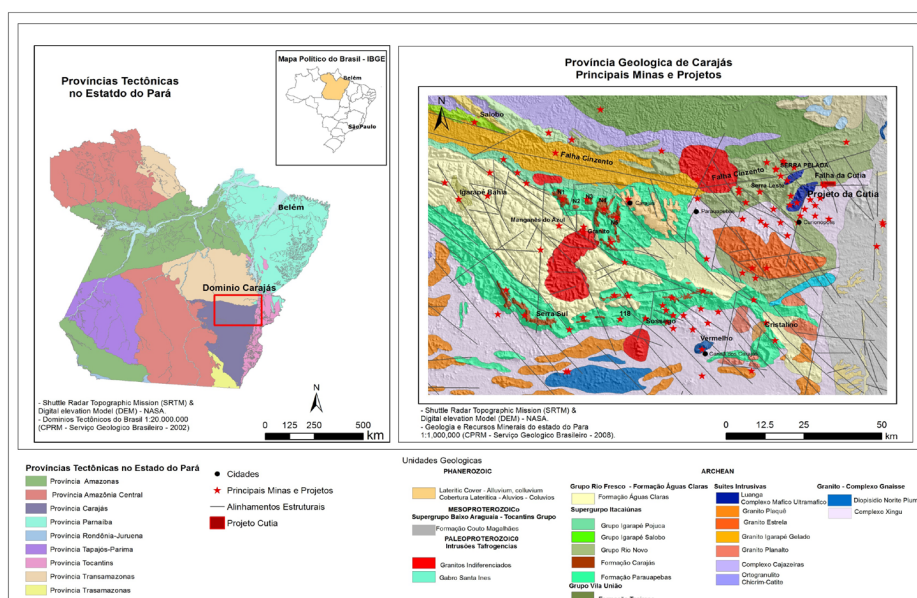


Figura 1 - Mapa Geológico Regional. Modificado de “Programa Nacional de Prospecção de Ouro – PNPO – Mapa de Jazimentos Auríferos – com localização do projeto cutia.

ZONA DE CISALHAMENTO CUTIA

As rochas aflorantes na área apresentam foliação regional bem desenvolvida em sua maior parte com direção E-W e caimento para sul. Foliação milonítica está presente em algumas litologias e estão relacionadas com bandas de cisalhamento que podem ser locais ou ter extensão regional. A estrutura principal coincide com o contato entre os hidrotermalitos/xistos máfico/ultramáficos na porção sul com os

granodioritos e tonalitos na porção norte. Essa estrutura tem feições de uma zona de cisalhamento com características de ambiente rúptil-dúctil, mostrando alto grau de maturidade, representada por brechas e falhas, por foliação anastomosada e deformação de porfiroclastos com formação de indicadores cinemáticos. Estruturas como camadas rompidas e rotacionadas, tension gashes, foliação bem desenvolvida e de alto ângulo, são algumas evidências de uma zona de cisalhamento transcorrente. Evidências de deformação rúptil-dúctil estão presentes, remetendo a um ambiente de transição, crosta média, onde ocorre deformação dúctil seguido de deformação rúptil caracterizando reativações da estrutura. O metamorfismo de baixo grau na facie xisto verde, transição para anfibolito, observados nas rochas encaixantes, corroboram com esse ambiente. A deformação rúptil é evidenciada pelos cataclasitos e brechas que afloram ao longo da estrutura que por sua vez são cortados por veios extensionais tipo en echelon, além de pares de fraturas e stock Works. A deformação dúctil é evidenciada por foliação milonítica e estruturas boudinadas assimétricas que caracterizam contexto não coaxial, onde pode ser observado movimento relativo sinistral.

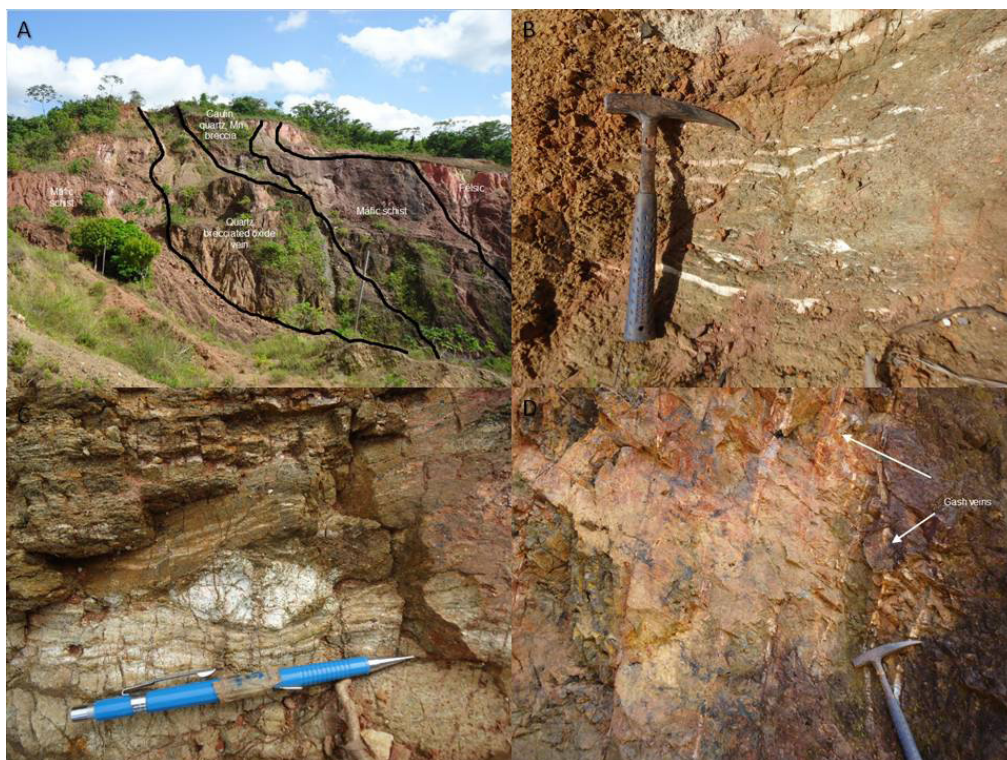


Figura 2: A – Cava do garimpo com exposição da estrutura; B – Xisto máfico com foliação anastomosada; C – Porfiroclasto; D - Veios tardios em zona brechada mineralizada.

MINERALIZAÇÃO

A mineralização principal está hospedada em um veio de quartzo oxidado com porções brechadas. Há um perfil de oxidação que mostra um veio bem oxidado, rico em óxidos de ferro e manganês na sua porção superior. Em profundidade o mesmo se mostra pouco oxidado, com uma matriz microcristalina de coloração cinza magnética com fragmentos de quartzo microcristalino. Não há presença de sulfetos, ouro livre

visível em planos de fratura. Em relação às alterações hidrotermais, pode se observar duas gerações de veios, o veio principal é cortado por veios de quartzo de orientação NE e foram formados em ambiente extensional gerando espaço para cristalização de quartzo em formato de dente, (vugs). Há uma forte alteração argílica rica em caulim e quartzo próximo ao contato com o granitoide, esta alteração se mostra brechada por fluido manganêsífero posterior. A associação das alterações hidrotermais com a mineralização em ouro ainda é desconhecida. As atividades garimpeiras executadas na área do projeto permitiram verificar que o ouro foi retirado de uma porção correspondente à zona de transição de uma seqüência gossânica, onde a zona oxidada do gossan compreende uma crosta ferruginosa superficial, constituída principalmente por óxidos/ hidróxidos de ferro (DOMINGOS, 2005) e brechas com fragmentos de quartzo em uma matriz composta principalmente por goethita e turmalina. Os melhores resultados obtidos na sondagem estão relacionados aos contatos entre o veio principal e as encaixantes, onde houve uma remobilização mais acentuada, com valores menores disseminados no veio.



Figura 3: A – Afloramento brecha na cava antiga principal; B – Detalhe, matriz microcristalina e fragmentos de quartzo; C – Ouro visível em plano de fratura; D - Detalhe da zona oxidada.

MODELO GEOLÓGICO

Os trabalhos de geologia foram concentrados ao redor do contato que hospeda a estrutura principal, a sondagem exploratória foi iniciada em uma área onde foram executados os principais trabalhos garimpeiros, com o objetivo de se verificar aspectos da mineralização e o contexto geológico da área. Os primeiros furos executados confirmaram a presença da estrutura mineralizada e permitiu elaborar

um modelo genético de mineralização preliminar para a ocorrência e para pesquisa das zonas/litologias mais favoráveis para abrigar mineralizações econômicas de ouro (potencialmente cobre). A zona principal foi chamada de CFZ, Cutia Fault Zone. Foram realizados aproximadamente 4.000 metros de sondagem orientados segundo a direção principal da estrutura, que tem azimuth E-W e caimento alto para Sul. Para o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa foi elaborada uma malha regular onde foi executado um total de 22 furos exploratórios ao longo da zona de cisalhamento entre as rochas que compõem as principais unidades geológicas da área. Depois de descritos e amostrados os testemunhos, um modelo geológico para a mineralização no local foi desenvolvido.

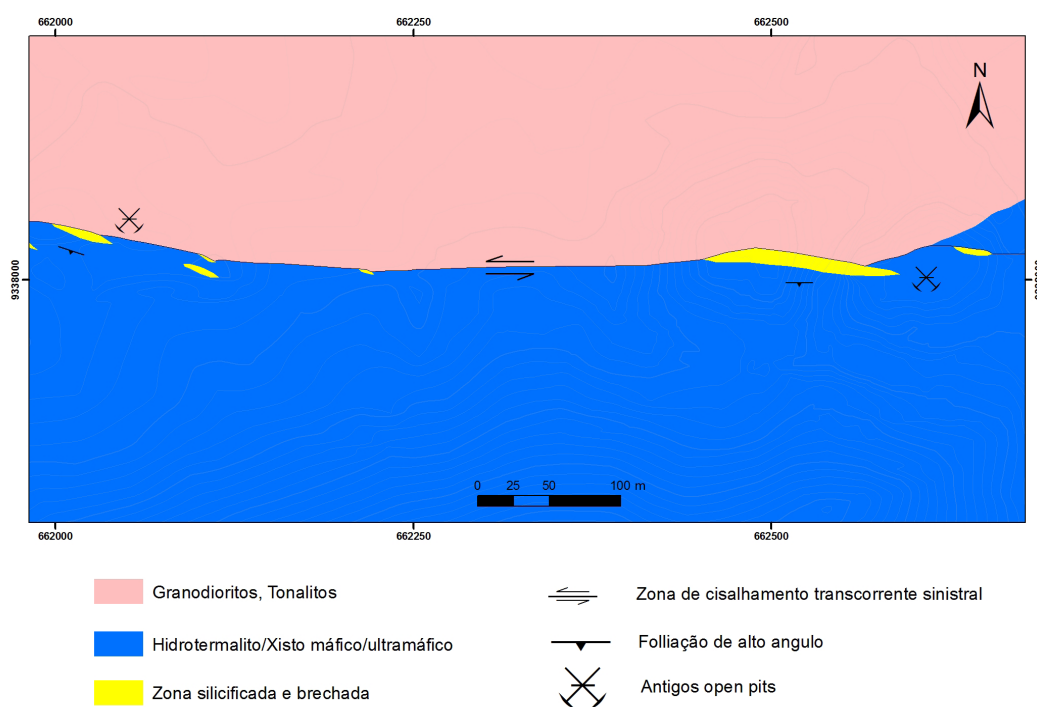
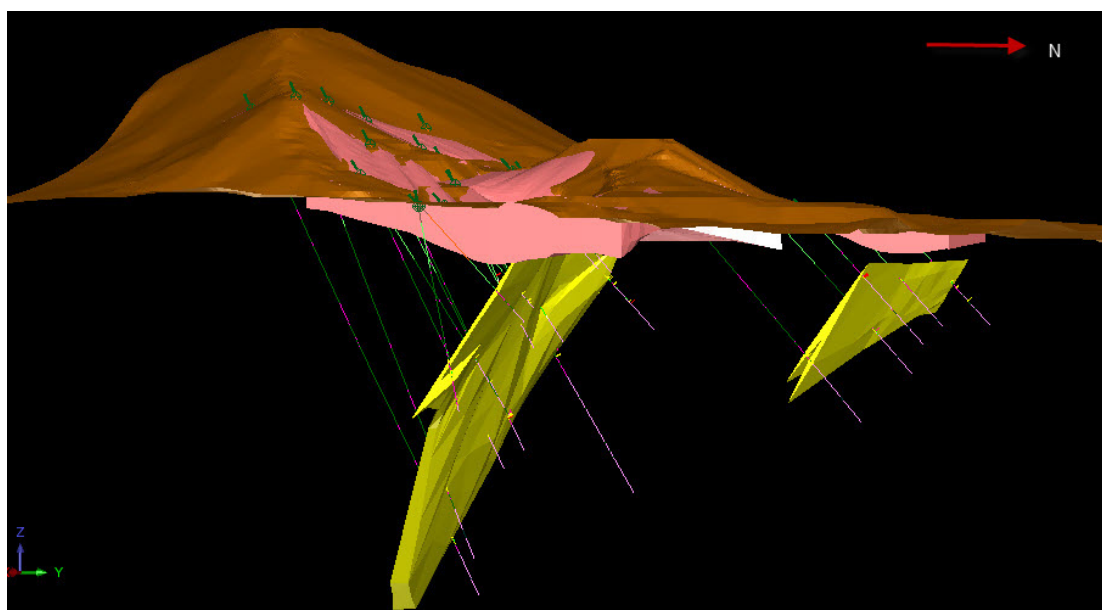


Figura 4: Mapa geológico simplificado do projeto cutia



CONCLUSÃO

O potencial da área para ouro é inegável, haja vista alguns trabalhos antigos existentes na região e as interceptações mineralizadas obtidas na campanha de sondagem. O modelo genético responsável pela mineralização e adotado como modelo prospectivo para a área do Projeto Cutia, é o modelo genético de depósitos “orogênicos” de ouro em zonas de cisalhamento metamorfisadas em grau médio.

REFERÊNCIAS

- BARROS, C.E.M. DALL'AGNOL, R.; BARBEY, P.; BOULLIER, A.M. 1997. Geochemistry of the Estrela Granite Complex, Carajás region, Brazil: an example of an Archaean A-type granitoid. *J. South Amer. Earth Sci.*, 10(3-4):321-330.
- BERNI, G.V.; HEINRICH, C.A.; LOBATO, L.M.; VIC WALL. 2016. Ore mineralogy of the Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás, Brasil and implications for ore-forming process. *Miner Deposita*. 51:781-795
- COSTA, J.B.S; ARAÚJO, O.J.S.; SANTOS, A.; JORGE-JOÃO, X.S.; MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. 1995. A Província Mineral de Carajás: aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 7:199-235.
- DOCEGEO-IGCP. ,1987. Lithostratigraphic review of Carajás District on Southern Pará-Brazil. Rio de Janeiro. IUGS-UNESCO. Final Meeting of the Working Group-Project 204.
- DOMINGOS, F. H. G., 2005. Mineralogia, petrografia, minerografia e geoquímica do gossan aurífero da Cutia, Carajás – PA. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. 43pg.
- GRAINGER, C.J.; GROVES, D.; TALLARICO, F.H.B.; FLETCHER, I.R. 2007. Metallogenesis of the Carajás Mineral Province, southern Amazon Craton, Brazil: varying styles of Archean through Paleoproterozoic to Neoproterozoic base- and precious-metal mineralization. *Ore Geology Reviews*.
- PINHEIRO, R.V.L., HOLDSWORTH, R.E. 1997. Reactivation of Archean strike-slip fault system, Amazon region, Brazil. *Journ. Geologia Soc. London*, 154:99-103.
- TAZAVA, E. 1999. Mineralização de Au-Cu-(±Etr-U) associada às brechas hidrotermais do depósito de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás, PA. 1999. 91 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- VILLAS, R.N., SANTOS, M.D. 2001. Gold deposits of the Carajás mineral province: deposit types and metallogenesis. *Mineralium Deposit*, 36:300-331.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-472-6

