



ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-561-7

DOI 10.22533/at.ed.617200911

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PROPOSTA DE TELHA SOLAR PLANA INCORPORADA À CONSTRUÇÃO

Maria Magdalena Farina Martinez

Ronald Moises Hug Rojas

Matheus Vinicius Brandão

Oswaldo Barbosa Loureda

Oswaldo Hideo Ando Junior

DOI 10.22533/at.ed.6172009111

CAPÍTULO 2..... 15

APLICAÇÃO DE LAJES STEEL DECK EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Stela Regina Magaldi Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.6172009112

CAPÍTULO 3..... 26

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA MARQUISE – ESTUDO DE CASO

Amanda de Moraes Alves Figueira

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Cynthia Jordão de Oliveira Santos

Débora Cristina Pereira Valões

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Mariana Santos de Siqueira Bentzen

Paula Gabriele Vieira Pedrosa

Vanessa Kelly Freitas de Arruda

DOI 10.22533/at.ed.6172009113

CAPÍTULO 4..... 42

PROPOSIÇÃO DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS – AMAZONAS, BRASIL

Iraúna Maiconã Rodrigues de Carvalho

Jussara Socorro Cury Maciel

DOI 10.22533/at.ed.6172009114

CAPÍTULO 5..... 53

ETANOL – COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL EM MOTORES DO CICLO DIESEL – ESTUDO DE VIABILIDADE EM USINAS

Flávio Nunes do Prado

João Eduardo Rocha dos Santos

Edson Roberto da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6172009115

CAPÍTULO 6..... 61

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE METODOLOGIAS DE DESMONTE SECUNDÁRIO PARA UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Sílas Leonardo Dias Vasconcelos
Suelen Silva Rocha
Júlio César de Souza
Bruno Cordeiro Cerqueira das Neves

DOI 10.22533/at.ed.6172009116

CAPÍTULO 7..... 71

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

Raíza da Silva Juvenal
Jorge Luiz Valença Mariz
Artur Ângelo Alcântara de Assis
Suelen Silva Rocha
Júlio César de Souza

DOI 10.22533/at.ed.6172009117

CAPÍTULO 8..... 88

EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL DE PROJETOS MINEIROS EM FASE INCIPIENTE CONSIDERANDO A REGRA DE TAYLOR E SUA ADERÊNCIA ÀS MINAS BRASILEIRAS

Jorge Luiz Valença Mariz
Rodrigo de Lemos Peroni
Carlos Otávio Petter
Júlio César de Souza
Jorge Dariano Gavronski

DOI 10.22533/at.ed.6172009118

CAPÍTULO 9..... 103

PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE

Andressa Ilana Soares Galdino
Jorge Luiz Valença Mariz
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros
Suelen Silva Rocha
Robson Ribeiro Lima

DOI 10.22533/at.ed.6172009119

CAPÍTULO 10..... 119

AVALIAÇÃO DO DESMONTE DE ROCHAS COM USO DE EXPLOSIVOS EM UMA MINA DE AGREGADOS ATRAVÉS DE ABORDAGEM SISTÊMICA

Jorge Luiz Valença Mariz
Willams Bernardo de Lima Souza
Iury Araújo da Costa Leite
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros
Marinésio Pinheiro de Lima

DOI 10.22533/at.ed.61720091110

CAPÍTULO 11..... 133

COMPARAÇÃO DE COORDENADAS DE PONTOS LEVANTADOS POR METODOS TOPOGRÁFICO E GEODÉSICOS

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti

Adriano Antonio Tronco

Bianca Ferraz

Pedro Lonnie Inácio Salvador

Roney Berti de Oliveira

Marcelo Luis Chicati

DOI 10.22533/at.ed.61720091111

CAPÍTULO 12..... 145

INFLUÊNCIA DO PORTE DA ESCAVADEIRA NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Marília Silva Cavalcante

Jorge Luiz Valença Mariz

Artur Ângelo Alcântara de Assis

Suelen Silva Rocha

Júlio César de Souza

DOI 10.22533/at.ed.61720091112

CAPÍTULO 13..... 159

ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO DO TRABALHO EM UMA MINA DE AGREGADOS

Débora Gomes Figueiredo

Jorge Luiz Valença Mariz

Robson Ribeiro Lima

Suelen Silva Rocha

Romildo Paulo Silva Neto

DOI 10.22533/at.ed.61720091113

CAPÍTULO 14..... 174

VIRTUALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO: APLICAÇÕES NA GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO

Adriano Macedo Silva

Carolina Martinez Vendimiati

Ricardo Egídio dos Santos Junior

DOI 10.22533/at.ed.61720091114

CAPÍTULO 15..... 196

ESTUDO DA VIABILIDADE DA ABERTURA DE UMA EMPRESA JÚNIOR NA ÁREA DE GEOTECNIA NO CEFET-MG UNIDADE VARGINHA

Emerson Ricky Pinheiro

Gustavo Ribeiro Paulino

Henrique Comba Gomes

Kezya Milena Rodrigues Pereira

Maria Rafaela da Silva

DOI 10.22533/at.ed.61720091115

CAPÍTULO 16.....	211
PRÁTICA PROFISSIONAL SUPERVISIONADA: FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PROFISSIONAL TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO	
Érica de Oliveira Araújo Nélio Ranieli Ferreira de Paula José Elias de Almeida José Vanor Felini Catânio Wagner Viana Andreatta	
DOI 10.22533/at.ed.61720091116	
CAPÍTULO 17.....	223
UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS HIDROCLIMÁTICOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO	
Maria Emanuela Lima Souza Cardoso Hernande Pereira da Silva Layane Maria Gomes de Lima Queylla Aparecida de Barros Oliveira Maria Aline Lopes da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.61720091117	
CAPÍTULO 18.....	237
SYSTEMS CONCURRENT ENGINEERING TECHNIQUES APPLIED TO MAP AND TO MONITOR BRAZILIAN SHORE CORAL REEF BY USING A SATELLITE MISSION	
Isomar Lima da Silva Geilson Loureiro José Wagner da Silva Andreia Sorice Genaro Samara de Toledo Damião	
DOI 10.22533/at.ed.61720091118	
CAPÍTULO 19.....	254
A ARTE DE ENGENHEIRAR NO PERÍODO DA PANDEMIA DE COVID-19	
Maria Aridenise Macena Fontenelle Vinícius Navarro Varela Tinoco Leonardo Morais Silva Leandro Nogueira Valente	
DOI 10.22533/at.ed.61720091119	
SOBRE OS ORGANIZADORES	265
ÍNDICE REMISSIVO.....	266

CAPÍTULO 1

PROPOSTA DE TELHA SOLAR PLANA INCORPORADA À CONSTRUÇÃO

Data de aceite: 01/11/2020

Maria Magdalena Farina Martinez

Universidade Federal da Integração Latino-
Americana – UNILA
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do
Iguaçu – Paraná

Ronald Moises Hug Rojas

Universidade Federal da Integração Latino-
Americana – UNILA
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do
Iguaçu – Paraná

Matheus Vinicius Brandão

Grupo de Pesquisa em Energia &
Sustentabilidade – GPEnSE
Universidade Federal da Integração Latino-
Americana – UNILA
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do
Iguaçu – Paraná

Oswaldo Barbosa Loureda

Grupo de Pesquisa em Energia &
Sustentabilidade – GPEnSE
Acrux Aerospace Technologies
Osasco – São Paulo

Oswaldo Hideo Ando Junior

Grupo de Pesquisa em Energia &
Sustentabilidade – GPEnSE
Universidade Federal da Integração Latino-
Americana – UNILA
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do
Iguaçu – Paraná

RESUMO: A integração da energia solar fotovoltaica em áreas urbanas é uma alternativa ideal para a sociedade moderna, fazendo com que o próprio sistema de conversão se encontre no mesmo local de consumo, reduzindo o impacto e a ocupação de espaço para a produção de energia. Nesse cenário, este artigo apresenta o desempenho de um sistema solar integrado a um conjunto de telhas fazendo o papel dos módulos que realizam a conversão de energia fotovoltaicas nos telhados. O projeto foi desenvolvido mediante o processo de fabricação de um protótipo de “telha solar fotovoltaica” e consiste em testar a eficiência e a resistência mecânica de um novo material para uma aplicação de baixo custo, considerando os critérios técnicos, econômicos e ambientais. Especificamente, este estudo de caso atende células fotovoltaicas policristalinas existentes no mercado, com a intenção de otimizar a produção de tensão e potência de acordo com a combinação destas células em série, e telhas em paralelo. O desempenho deste sistema preliminarmente foi testado por um primeiro corpo de prova, representado numa amostra de telha nas dimensões e característica de uma convencional, com a diferença do material. A viabilidade econômica da proposta é avaliada com base na otimização no processo de coleta de energia. Finalmente, a análise leva em consideração que, no cenário econômico atual, o modelo da telha solar fotovoltaica, ainda não se mostra econômica e comparativamente muito atraente em relação a outras energias renováveis como a hidrelétrica, por exemplo, porém representa uma alternativa promissora para garantir o complemento de energia elétrica

e reduzir a contaminação ambiental gerado por outras fontes tais como as termelétricas, fazendo deste projeto uma opção mais conveniente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, Telha solar, Células Fotovoltaicas, Econômico e Sustentável.

PROPOSAL FOR FLAT SOLAR TILE INCORPORATED IN CONSTRUCTION

ABSTRACT: The integration of photovoltaic solar energy in urban areas is an ideal alternative for modern society, making the conversion system itself be in the same place of consumption, reducing the impact and the occupation of space for energy production. In this scenario, this article presents, the performance of a solar system integrated into a set of tiles playing the role of the modules that perform the conversion of photovoltaic energy in the ceilings. The project will be developed through the manufacturing process of a prototype of “solar photovoltaic tile” and consists of testing the efficiency and resistance of new material for a low-cost application, considering the technical, economic, and environmental criteria. Specifically, this case study addresses polycrystalline photovoltaic cells on the market, intending to optimize the production of voltage and power according to the combination of these cells in series, and tiles in parallel. The performance of this system was first tested by a first specimen, represented in a tile sample in the dimensions and character of a conventional one, with the difference in the material. The economic viability of the proposal is evaluated based on the optimization of the energy collection process. Finally, the analysis takes into account that, in the current economic scenario, the solar photovoltaic tile model is not yet economically and comparatively very attractive about other renewable energies such as hydroelectric, for example, but it represents a promising alternative to guarantee the complement of electric energy and reduce the environmental contamination generated by other sources such as thermoelectric, making this project a more friendly and convenient option.

KEYWORDS: Solar energy, Tile, Photovoltaic cells, Economic and Sustainable.

1 | INTRODUÇÃO

A energia solar é considerada uma fonte de energia “inesgotável”, o sol representa a maior parte da energia que o planeta Terra recebe. Segundo um estudo da (PEKING UNIVERSITY, 2004), o sol é responsável por transmitir à terra cerca de 173300 TW em termos de energia. A maior parte dessa energia é refletida, e apenas uma fração muito pequena é absorvida e transformada em processos terrestres. Isso demonstra como a energia solar é minimamente aproveitada pelos processos artificiais existentes, como a energia solar por exemplo. Esta fonte de energia inextinguível propõe um desenvolvimento sustentável e com baixo impacto ambiental. De acordo com (DAVIES, FRISSE, BRANDÃO, 2018), a energia solar, no Brasil, representa apenas uma fração pequena na matriz elétrica, como se observa na Fig. 1.

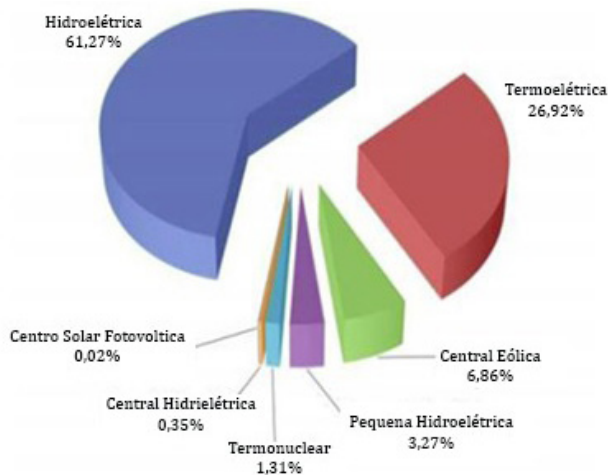


Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira no Ano 2017.

Fonte: ABES apud ANEEL, 2017.

Isso se deve principalmente ao custo e pouca praticidade de instalação dos atuais mecanismos de conversão de energia solar tais como os painéis solares e as plantas térmico-solares. Esses percalços impedem a ampla utilização da energia solar pela população e faz com que esta fonte esteja disponível apenas para uma pequena parte dela.

Levando em conta esses fatos apresentados, mostra-se viável a criação de novas tecnologias que possam aumentar a acessibilidade e efetividade da energia solar com ajuda de uma redução de custos e o incremento da praticidade dos equipamentos necessários. Uma dessas tecnologias que está mostrando-se promissora são as telhas solares.

No estudo realizado, o enfoque se centra no efeito fotoelétrico, através do desenvolvimento de um protótipo de “telha solar ou telha fotoelétrica”.

Diferentemente da energia provinda das hidrelétricas, gerada pelo potencial hidráulico de rios, e que demanda de grande espaço territorial, as placas solares fotovoltaicas necessitam também de um espaço físico, porém bem menor, pois geralmente são instaladas nos telhados residências. Isto se dá para que se possa obter um melhor aproveitamento e captação da luz solar, não destruindo o solo e nem contaminando rios. Atitude que colabora para a diminuição do impacto negativo no meio ambiente (MENDES; JÚNIOR-ERTHAL; HOSKEN, 2013).

Com o objetivo de aproveitar o espaço físico das residências e a possibilidade de absorção de luz solar ao longo do dia, foi desenvolvido este estudo de caso, cuja pretensão é a montagem e teste de uma telha com vantagens econômicas para a reprodução em grande escala, mantendo os padrões de leveza e resistência em relação ao material de base, e, sobretudo, maior eficiência na microgeração de energia solar fotovoltaica.

Logo, o presente projeto apresenta o processo de fabricação e caracterização de um protótipo de telha solar fotovoltaica, desenvolvido a partir de uma nova aplicação de um material já existente no comércio em conjunto com elementos existentes no mercado, tendo como objetivo testar a eficiência e custo das células fotovoltaicas, dureza e resistência do novo material de base, maximizar a área útil do protótipo, e minorar recursos e processos de alto impacto ambiental, recriando assim uma nova arquitetura para os telhados a partir de um material mais leve, com o fim de evitar sobrecargas mecânicas.

2 | MATERIAIS E METODOS

Nesta seção descrevem-se os materiais utilizados para o processo de fabricação da telha solar descrevendo as principais características e parâmetros dos componentes que compõem a telha solar.

A seguir, apresentam-se em detalhe os principais componentes do protótipo de telha solar que são: (i) Desenvolvimento da Telha, (ii) Células Fotovoltaicas, e (iii) Caixa de Junção e Conexão.

Material base da telha: As placas de poliestireno extrudado (XPS) são feitas de espuma de poliestireno rígido (PS) com uma estrutura celular forte e homogênea, apresentando características de alta durabilidade. Este material possui excelentes propriedades de isolamento térmico, conforto acústico, impermeabilidade, resistência mecânica (entre 200 kPa e 700 kPa) e gradientes climáticos, proporcionando uma vida útil mais longa em aplicações mais diversas. Além de se mostrar como um material muito leve e de fácil manuseio e manutenção, também se exhibe simples para a instalação. As placas do XPS tem uma espessura de até 50 mm, e passam por um processo de usinagem para a criação da telha, que será detalhado no decorrer desta seção.

Células Fotovoltaicas: As células fotovoltaicas utilizadas no projeto foram as células de silício policristalinas, sendo que estas se encontram mais acessíveis no âmbito de produção e venda no mercado, quando comparadas com as células monocristalinas, já que se mostram menos eficientes, porém apresentam um melhor desenvolvimento de geração de energia elétrica, ao serem acopladas em série. No processo de montagem das telhas, foram acopladas ao todo 60 células de silício policristalino no espaço da cavidade desenhada para esta ação, ocupando uma área de 52 x 26 mm² cada uma. O modelo de célula fotovoltaica escolhida para o projeto foi a da empresa AIYIMA (vide Fig. 2). Os dados técnicos da célula fotovoltaica utilizada são: potência individual de 0,25 W e tensão de 0,5 V.

Caixa de Junção e conexão: Neste equipamento se encontram presentes os elementos de proteção dos módulos, (que serão formadas com o conjunto de telhas), tais como diodos, interruptores, fusíveis e outros elementos, tendo por finalidade a união das células de carga do sistema de telhas solares, fazendo o trabalho de mediador do

sinal até o microinversor. Para o projeto utilizou-se uma caixa de junção para o protótipo de prova (no caso de reprodução em grande escala, seriam necessárias mais caixas de junção, dependendo da quantidade de telhas fotovoltaicas utilizadas no sistema) da qual se direcionam os cabos de transmissão para o microinversor.

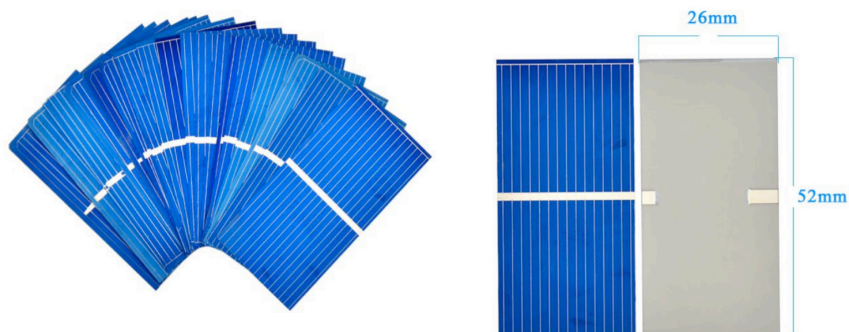


Figura 2 – Célula Fotovoltaica Policristalina Utilizada.

Fonte: AIYIMA.

2.1 Dimensionamento da Telha Solar

A ideia das dimensões foi retirada das medidas e características de uma telha convencional, de maneira a facilitar o manuseio e encaixe da mesma, nos telhados de residências já concebidas. Antes de escolher-se o modelo, foram analisadas as normas que regem as análises detalhadas dos princípios básicos de telhados convencional, de maneira atender os requisitos da norma.

Logo, o enfoque foi dirigido para a praticidade de um sistema telha e área, de maneira a um melhor aproveitamento de espaço possível para a fixação das células fotovoltaicas, pelo qual foi escolhido este modelo apresentado na Fig. 3, com um design excelente que favorecem e simplificam o processo de usinagem, assim como para serem aproveitadas em relação as dimensões mais abrangentes de área.

O design 3D da telha foi realizado no *software Solidworks*, com o modelo e todas as características e dimensões do protótipo da telha, para o processo de usinagem da mesma, por outra parte o design 2D foi redesenhado no AutoCAD nas medidas exatas de uma telha plana normal como se observa na Fig. 3 com as células fotovoltaicas inseridas.

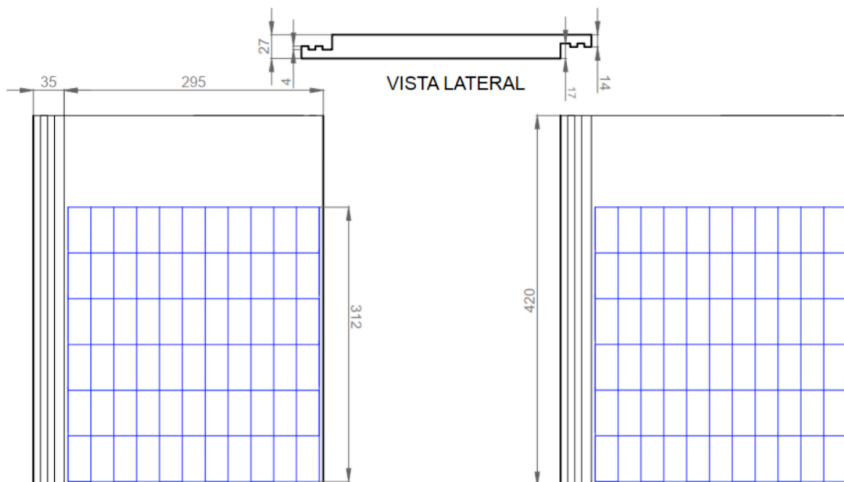


Figura 3 - Desenho da Telha Solar com as Células Fotovoltaicas.

Fonte: Do Autor.

No decorrer desta subsecção descrevem-se o processo de fabricação e suas etapas resultando no protótipo da telha solar fotovoltaica.

2.1.1 Usinagem e Montagem da Parte Estrutural

A usinagem foi realizada em uma fresadora CNC. Uma empresa profissional de usinagem foi contratada para a realização deste serviço. Segundo a empresa, levando em consideração o setup e ajustes da máquina, o processo de usinagem de 3 unidades de telha, demandaram 4h no processo de confecção, porém o tempo médio de usinagem de cada telha, seria de aproximadamente 5 min. O design 3D foi entregue no formato *Solidworks* para a empresa, como mencionado anteriormente. O nível de acabamento da telha foi suficiente para a construção do nosso protótipo, contendo as características necessárias para o avanço na montagem, o qual procederia com a fixação e solda das células dentro do protótipo.

O processo de soldagem foi realizado no laboratório da ACRUX, onde cada célula foi estanhada por partes, primeiramente na parte traseira e frente de cada uma delas, para facilitar a soldagem dos fios de conexão e posteriormente na união do conjunto de células. Se teve que reduzir o número de células por bloco para liberar espaço nos barramentos de “*buswire*” que são soldados em cada terminal das linhas de 10 células conectadas em série.

Ao finalizar este passo de soldagem, se prosseguiu ao anexo do conjunto de cada fileira de células dentro do protótipo da telha, assim, conseguiu-se introduzir 60 células

por bloco em vez das 66 planejadas inicialmente, encaixando perfeitamente no espaço reservado na superfície da telha. Seguidamente as telhas ficaram prontas para a aplicação do revestimento de proteção.

2.1.2 Acabamento e Proteção Superficial da Telha Solar

Para o revestimento, foi utilizada a resina epóxi transparente com proteção UV 4231 da empresa “*Redelease*”. Escolheu-se essa resina por ser a resina com maior transparência e resistência 60 vezes maior ao amarelecimento. Para o processo de preparo, se utilizou aproximadamente 450 g no total de resina (320 g de resina e 137 g de endurecedor) respeitando a proporção de 100:43, das instruções de preparo.

Logo de realizar a mistura, até o ponto de deixá-la bem homogênea, a mesma foi espalhada cuidadosamente sobre as células, de maneira a cobrir a maior área possível da superfície do protótipo, revestindo totalmente as fileiras das células fotovoltaicas. Este processo é um dos mais delicados, além do procedimento de solda, porque aqui as células tendem a estarem muito frágeis e quebradiças, neste processo de espalhamento, tem-se que tomar muito cuidado ao aplicar a resina, pois o escoamento deve ser homogêneo e laminar nas superfícies das células, já que estas podem quebrar por se encontrarem sem cobertura ou com bolhas. Caso alguma célula sofrer fissuras, toda a fileira de células deverá ser trocada.

Enquanto despejava-se a resina, uma pequena pressão manual era gerada sobre as células para liberar o ar preso de maneira a evitar a formação de bolhas entre as conexões e cantos, que seriam prejudiciais na hora de realizar os ensaios, já que estes atrapalhariam os procedimentos de proteção UV e a resistência mecânica mediante a golpes.

Após, a telha foi posicionada em um nível uniforme (sem inclinações) e foi deixada no repouso horizontal para curar a resina até o dia seguinte, onde se fizeram novamente as respectivas verificações e alguns primeiros testes de medidas de tensão. Apresentando todas as características de cura, em processo, e geração de energia sem manifestação alguma de possíveis anomalias.

E finalmente o protótipo já se encontrava pronto para prosseguir. Antes, claro, respeitando o tempo de solidificação total da resina, que teve uma duração de aproximadamente 7 dias. Na imagem a seguir pode-se observar o resultado final da telha uma vez finalizado o processo de cura, onde já se encontraria pronta para começarem a se realizarem os ensaios e testes possíveis.

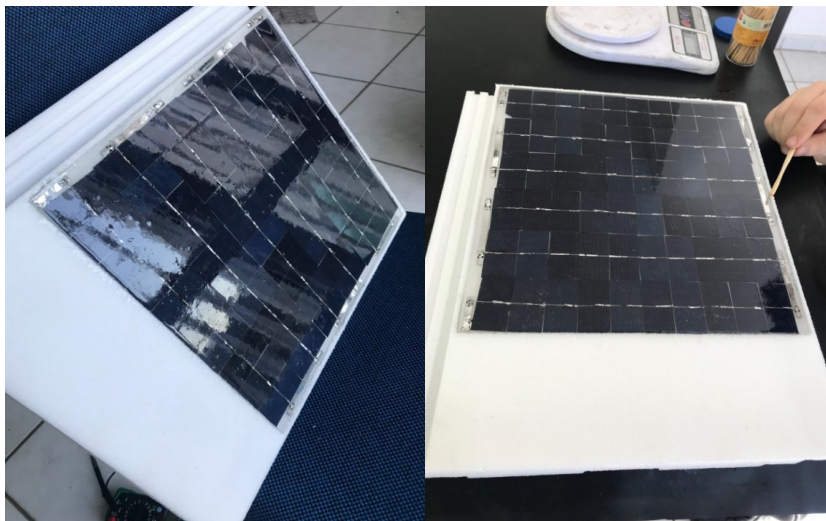


Figura 4 – Demonstrativo do Protótipo da Telha Solar Desenvolvido.

Fonte: Do Autor.

3 | ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

No intuito de verificar a funcionalidade do sistema realizaram-se ensaios de campo que visa analisar o potencial de captação da luz solar e sua conversão em energia elétrica. Além das verificações referente a questão estrutural da telha solar, como por exemplo, ensaio de resistência mecânica e isolamento térmico por parte da resina de proteção, em diferentes condições de operação, visando simular as distintas incidências do sol durante o dia e ano.

Para isto, várias capturas se obtiveram com uma câmara termográfica de alta resolução, estas técnicas foram feitas com o objetivo de mapear como é a distribuição de calor ao longo das dimensões da telha.

Em seguida, foram realizados ensaios de resistência mecânica, por meio de aplicação de forças nas laterais e centro da telha, igualmente como simulações de granizo foram jogadas pedras pequenas no protótipo, as quais não apresentaram alteração nenhuma.

Por outro lado, os testes de impermeabilidade, foram realizados com ajuda de líquidos espalhados na superfície da resina, assim como a do XPS, não apresentando acréscimo no valor de massa significativo pela retenção de líquidos em sua estrutura. Desta forma, a telha solar apresenta resultado satisfatórios neste quesito sem alterar o revestimento, as células fotovoltaicas demonstrando ser um produto viável.

3.1 Características Técnicas da Telha Solar

A telha resultante possui uma massa de aproximadamente 700 g. Inicialmente, o objetivo era obter uma massa de pelo menos 1,5 kg. O número de células distribuídas na telha diminuiu de 66 para 60 devido ao espaço e às conexões elétricas entre as mesmas.

Por outro lado, a tensão máxima obtida por telha foi de 33 V, sem aplicações de nenhuma carga elétrica, medidas com ajuda do multímetro. Como foi dito inicialmente, seria mais conveniente, aplicando o método das conexões em série para o caso das células na telha como se observa na Fig. 5(a), em conjunto com as telhas em paralelo como se pode observar na Fig. 5(b). A fiação em paralelo aumenta a saída da corrente, mantendo a mesma voltagem, por outra parte, a fiação em série aumenta a tensão que é o objetivo de saída de cada telha.

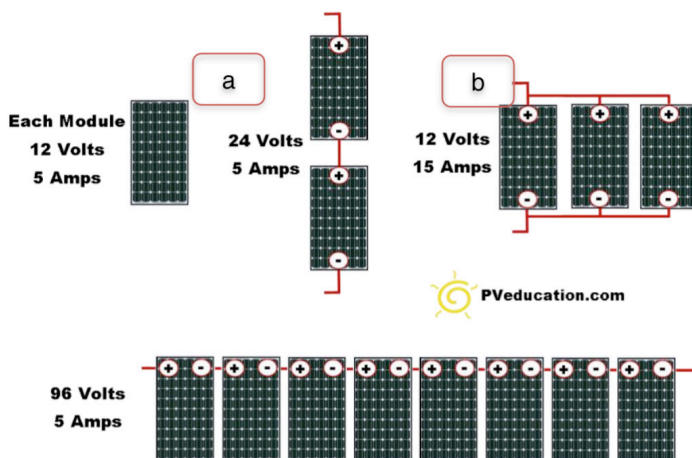


Figura 5 – Demonstrativo da Configuração de Conexões em Série e em Paralelo.

Fonte: HOWELL, M. 2014.

3.2 Validação Experimental da Telha Solar

As medições foram realizadas em um dia de sol com temperatura entre 12° e 26°C. A telha foi colocada sobre um suporte em um local iluminado, sem sombras que pudessem interferir, em conjunto a uma conexão de um pequeno circuito em série com uma carga de 60 ohms. Para esta ação, se utilizaram 6 resistores em séries de 10 ohms cada, de acordo com o circuito elétrico simplificado na Fig. 6.

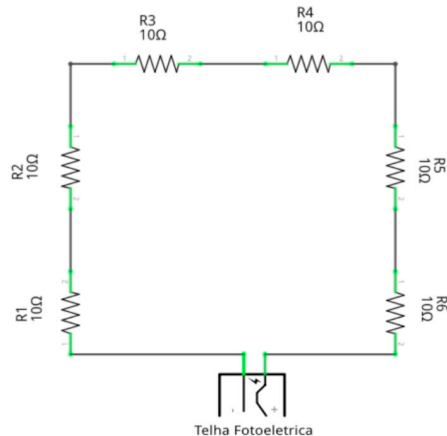


Figura 6 – Demonstrativo do Circuito Elétrico Simplificado do Ensaio.

Fonte: Do Autor.

As medições foram realizadas a cada uma hora, das 10:00 às 16:00 horas, empregando um multímetro e uma câmera de imagem térmica. Este procedimento foi reproduzido por uma semana, onde foi retirada uma média das medidas tomadas. A Tabela 1, a seguir mostra os valores medidos.

Tensão (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C) (min - máx)	Hora
14.3	0.24	40-50	10:00
15.2	0.25	48-60	11:00
17.1	0.29	51-65	12:00
16.5	0.27	52-68	13:00
15.5	0.25	54-70	14:00
12.6	0.21	58-72	15:00
14.7	0.24	51-68	16:00

Tabela 1 – Demonstrativo dos Resultados dos Testes sob Incidência Solar.

Fonte: Do Autor

Seguidamente, na Fig. 7 apresenta-se o resultado da captura realizada com a câmera termográfica descrita anteriormente nesta seção, com a qual se obteve os resultados das medidas em relação a temperatura.

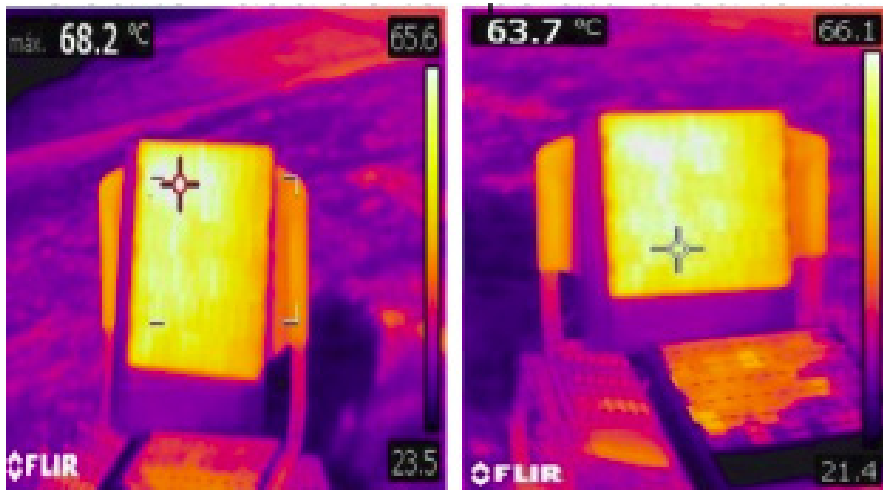


Figura 7 – Demonstrativo da Temperatura da Telha Solar sob Ensaio

Fonte: Do Autor.

3.3 Desempenhos Elétrico e Térmico da Telha Solar

A corrente máxima que se conseguiu obter foi de 0,29 A, a uma tensão de 17,1 V. Portanto, uma potência de aproximadamente 5 W. Cabe ressaltar que essa não é a corrente máxima do sistema, pois o teste foi feito com uma resistência equivalente de 60 ohms. Caso o teste fosse realizado em curto circuito, a corrente tenderia a ser maior.

A temperatura é um fator decisivo na produção de energia, como pode ser visto, a baixa produção com o aumento da temperatura, sendo que a menor corrente ocorreu durante o pico da temperatura; 72 °C na resina. O material da telha como um bom isolante foi mantido à temperatura ambiente. Cabe enfatizar que também se fizeram medições comparativas com uma telha sem resina, e não foi possível notar diferença de corrente ou tensão, pois a resina não interfere no processo de produção de energia. Por outro lado, o revestimento aumenta a resistência ao impacto, facilitando a manipulação da telha solar.

3.4 Análise Econômica e Ambiental

Como o trabalho se projeta para o consumo familiar, que represente a acessibilidade econômica e social, ao mesmo tempo em que se busca obter uma fonte de energia limpa, utilizando uma das energias renováveis mais abundantes no planeta e considerando as especificações das seções anteriores, um material que se adequa a tais propostas é escolhido. Este protótipo cumpre com os objetivos socioeconômicos para um produto direcionado a Classe C e B. No entanto, a pesquisa ainda necessita de avançar para que se possa obter um produto que seja mais atrativo economicamente para que possa ser amplamente disseminado no mercado.

Portanto, destaca-se que um dos objetivos deste projeto foi obter um protótipo que mostra que essas características estabelecidas são possíveis, demonstrando um impacto ambiental favorável em todos os sentidos, assim como acessibilidade econômica na reprodução a grande escala. A seguir se mostra, na Tab. 2, o custo resumido dos materiais utilizados para a manufatura de uma telha solar fotovoltaica.

Descrição	Custo (R\$)
60 células Solares	25,00
Material XPS	20,00
300 g de Resina UV	36,00
Usinagem de 1 telha	70,00
Estanho de solda e “Bus wire”	16,00
TOTAL	167,00

Tabela 2 - Custos para Manufatura de uma Telha

Fonte: Do Autor.

De acordo com a análise dos dados apresentados na Tab. 2, observa-se que os itens que apresentam maior custo são a usinagem da telha e a resina UV. A usinagem trata-se de um processo delicado que neste caso envolveu softwares de modelagem para maior precisão, visto que as características e detalhes específicos de uma telha convencional deviam ser recriadas, como seriam as pequenas concavidades nos suportes que servem para encaixar umas com outras, necessárias para adequação das telhas a padrões de fábrica facilitando o caso de serem reproduzidas em um futuro, por tanto, se obteria um resultado melhor se confeccionar telhas com áreas de cobertura maiores por unidade bem como outros processos de manufatura, como a injeção plástica ou conformação a quente, com este material.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto possibilitou a realização experimental de uma telha solar que pode vir a se tornar uma peça de grande importância no âmbito da disseminação das energias renováveis incorporada a residências unifamiliares. Tal proposta foi realizada por meio de um estudo de estruturação de um sistema de telhas para residências considerando a realidade da América Latina.

De uma forma geral, o protótipo da telha solar se mostrara adequado e funcional dentro dos padrões, demonstrando poucas deficiências. Sendo que os resultados se manifestaram promissores para continuidade do estudo, como foram o caso da resistência do material XPS e da resina, por outra parte que no começo se mostrava pouco adequada

para a proteção das células, e que nos testes se revelaram perfeitas. E por fim, a própria telha que superou todas as expectativas da equipe.

Na questão de rendimento elétrico, os resultados gerados quando submetido aos testes, apresentaram um rendimento favorável em relação a tensão produzida em série, atingindo até 30 V por telha quando disponível uma alta incidência solar, sem aplicação de cargas. No entanto, aplicando as cargas resistivas associadas em série atingiu-se 17,1 V com uma corrente de 0,29 A, resultando uma potência de 5 W, valor este que ainda se mostra no intervalo esperado, aplicado às cargas de valores menores, demonstrando um rendimento de aproximadamente $61,637 \text{ W/m}^2$ de potência total produzida sobre a superfície do protótipo fabricado. Sendo estes valores relativamente baixos devido a qualidade das células do fornecedor da empresa AIYIMA, no entanto apresentando uma potencia suficiente para o especificado inicialmente nos objetivos do projeto.

Após a captação de dados, notaram-se alguns pequenos inconvenientes, como o caso da análise econômica, fator importante na gestão do projeto. Como foi mencionado durante este trabalho, o fato mais significativo se centra na inexistência de um processo industrial já concebido, que seja específico para o projeto em si, isto ajudaria a garantir um baixo custo econômico, representando um sistema de telhas solares ainda mais rentável. A produção a grande escala, obviamente, ofereceria outros valores, com tendência de diminuição dos preços de manufatura e de insumos.

Outro ponto importante de atenção quanto a alcance de energia elétrica, foi a falta de testes com um conjunto de telhas maior, que ao serem realizadas com certeza teriam um resultado mais significativo, sobretudo se aplicado a conexão das telhas em paralelo, porém, tal representação de esquema se espera ter captado com o análises de este estudo.

Por fim, destaca-se que o dispositivo manteve sua integridade sendo de grande ajuda na geração de informações preliminares para a continuidade dos desenvolvimentos experimentais para o grupo de pesquisa em Energia & Sustentabilidade Energética na busca de uma tecnologia nacional de geração solar fotovoltaica incorporada à construção que seja compatível com a realidade socioeconômica do Brasil e da América Latina.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa conta com o apoio e fomento do Programa Institucional Agenda Tríplice (Edital PRPPG 137/2018) da Universidade Federal de Integração da América Latina (UNILA), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (N° 307223/2017-5 e N° 407531/2018-1) e do projeto de pesquisa P&D COPEL 2866-0452/2016. Os autores, em nome do Grupo de Pesquisa em Energia e Sustentabilidade Energética - GPEnSE, agradecem pelo apoio e fomento.

REFERÊNCIAS

ABES., 2017. Atlas brasileiro de Energia Solar. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/pub/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf>. Acessado em: 14 jul. 2020.

Chen, G. Q. Exergy consumption of the earth. *Ecological Modelling*, 184(2–4), 363–380, 2005.

DAVIES, F. S.; FRISSE, G. L.; BRANDÃO, M. V. A Utilização Do Silício Nacional Para A Fabricação De Placas Solares: Uma Reflexão Das Dificuldades Tecnológica E Financeira. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado, 2018.

DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. Energias Renováveis: Buscando por uma Matriz Energética Sustentável. *Reget/usfm: revista eletrônica em gestão educação e tecnologia ambiental*, Santa Maria, 2015.

FINDER. Findernet Componentes Ltda (Org.). O Mundo Sustentável das Energias Renováveis. São Caetano do Sul, São Paulo.: White Paper, 2011.

GÁMEZ, J. C. M. Diseño y Construcción de un Panel Solar en Altamira. *Pistas Educativas*, vol. 38, no 124, 2017.

GETTINGER, J. D. Mecanismos para desplegar y accionar cuerpos aerodinámicos en vehículos aéreos no tripulados. Patente de Estados Unidos N° 8.946.607, 2015.

HOWELL, M. Director of Asset Management at C2 Energi Capital, Baltimore, Maryland – Pveducation.com, 2014.

LEÓN, E. Z.; CUEVAS C. B. “Adaptability of Photovoltaic Mono-Polycrystalline Solar Panels and Photovoltaic Roof Tiles on Dwelling Roofs of Real Estate Developments.” *Revista de La Construcción*, 2019.

MENDES L. F. R.; JÚNIOR M. E. ; HOSKEN L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Revista eletrônica Produção & Engenharia*, 2013.

ROMERO, J. C. Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya, 2015.

SÁNCHEZ, C. P. Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica Aplicados a Viviendas Residenciales en Entorno Urbano, Universidad Nacional de Andalucía, 2010.

SOUZA, R. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica - Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Bluesol 114, 2016.

APLICAÇÃO DE LAJES STEEL DECK EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 27/07/2020

Elaine Garrido Vazquez

Universidade Federal do Rio de Janeiro
(UFRJ), Escola Politécnica
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/2873246607669444>

Renata Gonçalves Faisca

Universidade Federal Fluminense (UFF),
Escola de Engenharia
Niterói – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3477740011608862>

Stela Regina Magaldi Guimarães

Universidade Federal do Rio de Janeiro
(UFRJ), Escola Politécnica
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/4732783543202987>

RESUMO: O setor da construção civil é frequentemente criticado pelo não cumprimento dos prazos, pela baixa produtividade e pelos elevados índices de desperdícios. As obras no âmbito nacional se tornaram, nos últimos anos, cada vez mais arrojadas e com prazos mais desafiadores. Este cenário favoreceu o investimento em tecnologias mais produtivas e inovadoras, se destacando a utilização de estruturas metálicas mistas. Este trabalho tem como objeto apresentar o processo construtivo de lajes com forma colaborante em estruturas metálicas mistas, também denominadas *steel deck*. A partir de um exemplo de aplicação em

uma edificação projetada e construída na área localizada no Porto Maravilha, área portuária da cidade do Rio de Janeiro, RJ, apresenta-se as principais etapas do processo construtivo. Por meio de uma análise técnica, obteve-se um resultado positivo a favor da utilização desta metodologia em edifícios de pavimentos múltiplos no que tange ao ganho de prazo do cronograma físico, aliado à promoção de maior produtividade devido a facilidade de execução desta tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Lajes *steel deck*, Edificações de múltiplos pavimentos, Processo construtivo.

APPLICATION OF STEEL DECK SLABS IN MULTIPLE FLOOR BUILDINGS

ABSTRACT: The civil construction industry is often criticized for non-compliance with deadlines, low productivity and high rates of waste. The works at the national scope have become, in recent years, increasingly bold and with more challenging deadlines. This scenario favored the investment in more productive and innovative technologies, highlighting the use of mixed metallic structures. This article aims to present the construction process of slabs with collaborative shape in mixed metallic structures, also called *steel deck*. From an example of application in a building designed and built in the area located at Porto Maravilha, a port area in the city of Rio de Janeiro, RJ, the main stages of the construction process are presented. Through a technical analysis, a positive result was obtained in favor of the use of this methodology in buildings of multiple pavements with respect to the gain of

term of the physical schedule, together with the promotion of greater productivity due to ease Implementation of this technology.

KEYWORDS: Steel deck slab, Multi-storey buildings, Construction process.

1 | INTRODUÇÃO

Usualmente, no Brasil, as estruturas de edificações são executadas em concreto armado, um processo construtivo que surgiu na Europa em meados do século XIX. Este sistema é formado a partir da combinação do concreto (uma pasta feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, conhecida desde a Antiguidade) com uma armadura de aço (CALÇADA, 2014).

Com o avanço tecnológico, novas alternativas ao sistema de lajes maciças em concreto armado surgiram, tais como: lajes nervuradas, pré-moldadas, protendidas, metálicas e mistas. O uso da estrutura metálica é relativamente novo no contexto brasileiro, mas é amplamente utilizado na Europa e Estados Unidos. No Brasil, as construções em estruturas metálicas são mais recentes, começou-se a utilizar entre o final do século XIX e início do século XX (ANDRADE, 2016).

O desenvolvimento dos diversos sistemas estruturais e construtivos fez surgir, entre outros, os sistemas formados por elementos mistos aço-concreto, cuja combinação de perfis destes materiais visa aproveitar as vantagens de cada um deles, tanto em termos estruturais como construtivos.

Sistemas mistos aço-concreto têm sido utilizados na construção civil e vêm motivando o desenvolvimento de sistemas de lajes de piso com forma de aço incorporado, usando-se perfis formados a frio com corrugações na alma (VIANNA et al, 2007).

O bom desempenho da economia nacional na primeira década do século XXI e a busca por ganhos de produtividade para vencer os desafios dos grandes eventos, alinharam a necessidade de desenvolvimento do setor da construção civil. O crescimento econômico, propiciou que as construções em estrutura metálica se destacassem por seus ganhos em produtividade e se fortalecessem no cenário nacional.

Segundo Nardin e El Debs (2013), as estruturas compostas de aço-concreto estão cada vez mais sendo utilizadas no Brasil e são objeto de pesquisas significativas pelas principais universidades do país.

A preparação para receber grandes eventos como os Jogos Pan-Americanos de 2007, a Jornada Mundial da Juventude de 2013, a Copa do Mundo da FIFA de 2014 e os Jogos Olímpicos - Rio 2016, demandando obras maiores, a serem executadas com maior rapidez e melhor qualidade, levou a construção civil a tomar um novo ritmo de crescimento, acarretando em grandes alterações qualitativas.

2 | OBJETIVOS

Neste trabalho será explorado o sistema construtivo de lajes em estrutura metálica mista com forma colaborante, abordando conceitos básicos, elementos estruturais e a metodologia de execução. Será dada ênfase na metodologia de execução de pavimentos em lajes mistas com *steel deck*. O objetivo deste trabalho é apurar o uso da forma colaborante em estruturas metálicas mistas e colaborar com o avanço desta metodologia construtiva no Brasil, através da difusão do conhecimento.

3 | METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho abordou a metodologia construtiva estrutural com enfoque no subsistema de lajes mistas, abordando as principais características e componentes de lajes e os sistemas construtivos. O estudo apresenta resultados práticos da aplicação desta tecnologia em uma obra do ramo hoteleiro, na região portuária do Rio de Janeiro.

4 | PROCEDIMENTO EXECUTIVO DE LAJES EM ESTRUTURA METÁLICA MISTA – STEEL DECK

4.1 Principais Características e Componentes

Conforme apontado por Freire (2016), com o desenvolvimento de diversos sistemas estruturais e construtivos na busca por usufruir das vantagens de cada material, surgiu o sistema formado por elementos mistos de aço e concreto. Nas construções mistas, o concreto foi inicialmente utilizado, no início do século, como material de revestimento, protegendo os perfis de aço contra fogo e a corrosão e, embora o concreto pudesse ter alguma participação em termos estruturais, sua contribuição na resistência era desprezada.

O conceito de laje mista ou de laje com forma colaborante, surgiu na década de 1950, nos Estados Unidos, e passou a ser largamente empregado desde então, notadamente em edificações metálicas de múltiplos andares, BARROS (2014).

No estudo de Sawahara, Harada e Minoru Sawahara, Asami (2013), são apresentados exemplos válidos de aplicação de lajes mistas. Os resultados corroboram que este tipo de tecnologia favorece ao avanço tanto da qualidade do projeto estrutural, quanto agiliza a execução das obras.

As lajes em *steel deck* dão suporte ao concreto, dispensando parcial ou totalmente a necessidade de escoramentos para a laje, gerando maior agilidade na execução das mesmas, além de reduzir custos com o aluguel de escoramentos e mão de obra, não necessitando do intenso emprego deste recurso como em estruturas convencionais de concreto armado.

Existe neste processo, uma economia de mão-de-obra no local da obra, tempo de execução e também espessura total da laje reduzida, pelo fato da presença do perfil *steel deck* contribuir tanto para a capacidade de momento final positivo como negativo da laje (LEE, QUEK e ANG, 2001).

O *steel deck* consiste em um elemento de aço galvanizado, perfilado e formado a frio, é considerado como forma colaborante, pois, durante a concretagem atua como forma para o concreto e posteriormente como armadura positiva para as cargas de serviço. Estas formas colaborantes, *steel deck*, atuam como armadura positiva para a laje, e existe a necessidade de se prever a armadura negativa a ser posicionada na região dos apoios para resistir a estas solicitações. Além das armaduras positiva e negativa, deve ser aplicada a malha de retração, consistindo de tela soldada com bitola reduzida, a ser espalhada em toda a laje para evitar a fissuração. Também pode ser necessário a utilização de conectores de cisalhamento, conhecidos como *stud bolts*, que tem a finalidade de conectar a laje à estrutura metálica. (FREIRE,2016)

Segundo Lakshmikandhan *et al* (2013), estas chapas de aço perfiladas a frio são amplamente utilizadas nos sistemas de lajes mistas em edifícios, onde permanecem permanentemente colocadas como parte integrante do sistema de pavimento. Este sistema também resulta em uma construção mais rápida e mais leve. Uma particularidade é que nestas lajes mistas, a ação composta entre dois materiais diferentes como concreto e aço é desenvolvida pela ligação na interface de dois materiais, sendo que em alguns casos é necessário melhorar a ligação superficial através de conectores de cisalhamento.

4.2 Sistema Construtivo – Laje Steel Deck

Para a aplicação de lajes em *steel deck* em estruturas metálicas, é necessário o perfeito alinhamento da estrutura, a fim de não comprometer o comportamento estrutural da laje. O sistema construtivo de lajes em *steel deck* pode ser dividido em 3 fases: nivelamento da mesa superior da viga de aço e limpeza de intempéries, forração da laje e montagem do *steel deck*. (MIRANDA,2010)

Na fase de nivelamento da mesa superior da viga de aço, além da necessidade de se aferir o nível correto da mesa superior da viga de aço, de modo a obter um perfeito contato entre a forma e a viga; deve ser também verificado se existem corrosões, rebarbas, respingos de solda, de óleos em geral e de pintura, além da umidade nas proximidades da região de soldagem.

Na fase de forração da laje, é feito o espalhamento das folhas de *steel deck* de acordo com o projeto de paginação fornecido pelo projetista, que inclui o correto posicionamento das formas e todos os detalhes construtivos da montagem das peças e arremates, bem como a indicação da necessidade, ou não, de escoramentos.

A fase de montagem das chapas realiza-se a partir de um dos cantos dos edifícios, criando os montadores a sua própria plataforma de trabalho com as primeiras chapas

montadas. Uma vez colocadas na posição definitiva, devem ser fixadas antes de continuar a colocação das seguintes. As folhas de *steel deck* são fixadas às vigas por meio de pontos de solda bujão ou solda tampão, podendo ainda ser utilizados pinos metálicos fixados por pistola a gás para estruturas de concreto. Nesta fase, também são montados e soldados os arremates de laje, estruturas complementares, normalmente fixados à borda da laje para dar acabamento e o formato da laje. Em seguida, através do *steel deck*, *stud bolts* são fixados por eletrofusão no flange superior da viga. Com a laje em *steel deck* pronta, posicionam-se as armaduras suplementares e os reforços no interior das nervuras com espaçadores em formato de disco. Em seguida, são posicionadas as armaduras de reforço ao redor dos pilares, e espalhadas as telas soldadas. Nesta fase, deve ser preparada também a ancoragem da laje à estrutura de concreto. A última etapa dessa fase, é a concretagem que usualmente é feita através de bomba estacionária com auxílio de mangote, este constitui a saída de concreto.

Terminada a montagem, é necessário fazer a ancoragem das lajes em *steel deck* na estrutura do prédio, que pode ser em estrutura metálica ou em concreto.

5 | EXEMPLO DE APLICAÇÃO

5.1 Caracterização do Empreendimento

Um empreendimento localizado na área portuária da cidade do Rio de Janeiro, RJ, foi concebido visando prazo olímpico, sendo este o fator determinante pela adoção da estrutura metálica mista com lajes em *steel deck*. Esta metodologia construtiva foi escolhida pela construtora principalmente devido ao ganho de produtividade no prazo de execução da estrutura, pela possibilidade de execução de pavimentos simultâneos e pela liberação antecipada dos pavimentos para os demais serviços. As vantagens atribuídas por este método, compensaram o elevado custo inicial.

5.2 Aplicação do Sistema Construtivo – Laje Steel Deck

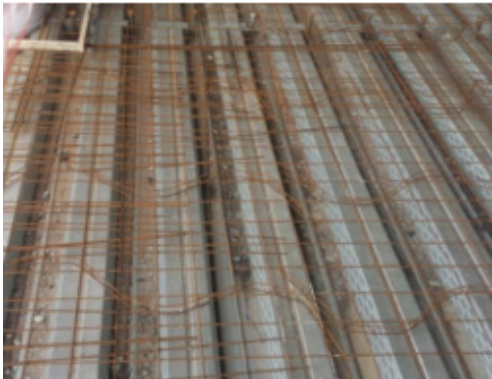
O preparo para recebimento do *steel deck* nesta obra ocorreu conforme os seguintes passos: Quando da concretagem do bloco de fundação, foi posicionada a chapa gabarito com os chumbadores que iriam receber a estrutura metálica. A chapa e os chumbadores foram fixados externamente à forma de acordo com coordenadas topográficas, para garantir a partida correta da estrutura. Após a concretagem do bloco de fundação foram conferidos os chumbadores e então o conjunto estava pronto para receber os pilares. Os pilares foram içados e posicionados sobre o gabarito, conferidos o alinhamento e o prumo, foi feito o aperto dos chumbadores. Para os demais pavimentos, a fixação dos pilares foi feita diretamente sobre encaixe nos pilares anteriores. Com os pilares instalados, passou-se à montagem do vigamento dos pavimentos. As vigas foram içadas e travadas entre os pilares e/ou a estrutura de contraventamento em concreto armado.

Quando o esqueleto da estrutura estava montado e travado, começou-se a intalar o *steel deck*, sendo a fase de forração da laje. Inicialmente, os peças de *steel deck* eram depositados nos pavimentos em que deveriam ser instalados. Em seguida, as formas eram espalhadas pela laje de acordo com o projeto de paginação fornecido pelo projetista de estruturas metálicas.

A fase seguinte, montagem do *steel deck*, iniciou-se pela fixação às vigas com pinos de aço através de pistola a gás. Ao finalizar a fixação das folhas de *steel deck*, iniciou-se a fixação e os testes dos conectores *stud bolts*. Quando as lajes estavam fixadas e com os conectores instalados, foram executados os arremates de laje e as vedações finais. Após esta etapa concluída, a equipe de montagem liberou a laje para a equipe de armação. A armação da laje se iniciou posicionando a armadura das nervuras com o espaçador de disco. Quando estas estavam posicionadas, as telas soldadas foram espalhadas, utilizando-se espaçador DL ou treliçado, com atenção aos comprimentos de traspasse. As armaduras de reforço para momento negativo foram posicionadas antes de espalhar as telas soldadas, porém só foram fixadas quando as telas já estavam posicionadas. A última etapa foi a concretagem, sendo que neste empreendimento foram projetadas lajes com concreto bombeável. Após a concretagem, a cura da laje foi feita com manta geotêxtil. A manta foi aplicada por toda a laje e hidratada duas vezes por dia, durante sete dias. O procedimento foi repetido para as outras lajes. No caso deste empreendimento, algumas lajes foram executadas simultaneamente.

A seguir apresenta-se o Quadro 1 que ilustra as principais fases do processo construtivo descrito anteriormente.

Identificação da Falha	Fase Construtiva
	forração da laje (<i>steel deck</i> posicionado no pavimento de instalação)

	<p>montagem do <i>steel deck</i> (fixação de <i>stud bolt</i> por eletrofusão)</p>
	<p>montagem do <i>steel deck</i> (laje com armadura na nervura e tela soldada com espaçador treliçado;)</p>
	<p>montagem do <i>steel deck</i> (armadura de reforço para momento negativo no pilar)</p>

Quadro 1- fases do processo construtivo

As lajes de *steel deck* foram ligadas aos núcleos de concreto. A ligação estrutura metálica - estrutura de concreto armado foi feita em dois pontos, pelo esqueleto estrutural metálico e pela laje.

A ligação entre as estruturas pelo esqueleto foi feita através das vigas. No processo de concretagem dos núcleos de rigidez, foram posicionados, junto com a armadura, os *inserts*. Estes são placas de aço dotadas de *stud bolts*, que são soldadas à armadura da estrutura de concreto. A face dos *inserts* ficava rente à face da forma, deste modo, quando da desforma, os mesmos ficavam aparentes, imersos no concreto com a face livre para receber as vigas metálicas. Estes *inserts* foram responsáveis por receber as

vigas metálicas, através da ligação de um terceiro elemento, denominado *single plate*, uma cantoneira de ligação que foi soldada à face do *insert* e que recebeu a viga metálica por meio de uma ligação parafusada. Desta forma foi feita a conexão das vigas à estrutura de concreto. A Figura 1 apresenta a ligação descrita anteriormente. A parede de concreto, apresentada na figura é o núcleo de rigidez da edificação, onde o *insert* foi posicionado junto com a armadura antes da concretagem. A cantoneira de ligação (*single plate*) foi soldada à face do *insert*, já vindo da fábrica com as furações determinadas no projeto estrutural metálico, sendo executada no canteiro de obras apenas o posicionamento da viga e o aperto da ligação.

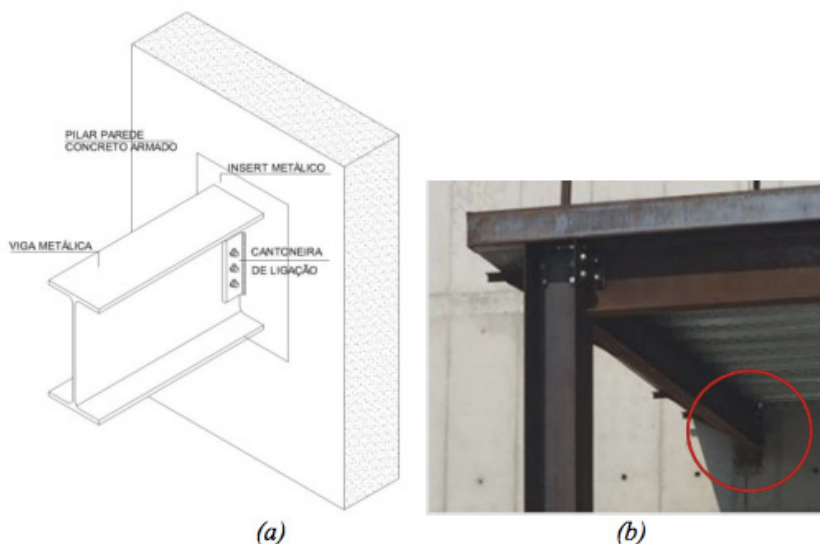


Figura 1: (a) Desenho explicativo da ligação viga metálica-concreto; (b) Viga fixada à estrutura de concreto.

A ancoragem da laje à estrutura foi o ponto crítico no momento da execução, sendo necessário executar uma adequação no projeto. Inicialmente esta ligação foi planejada para ser feita através de luvas e barras roscadas, conforme ilustrado na Figura 2.

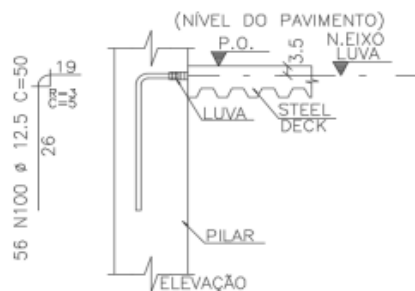


Figura 2: projeto da conexão por luvas e barras rosqueadas. Codeme Estruturas de Aço e Bedê Engenharia de Estruturas (2014)

As barras de aço deveriam passar por um torno mecânico para produzir a rosca em sua extremidade, tanto a barra ancorada na parede de concreto, como a barra concretada na laje. Em preparação para a concretagem, as barras curvadas foram soldadas à uma barra reta para formar um gabarito. Este procedimento visava facilitar a locação das mesmas no momento da armação, pois ao invés de fazer a locação e travamento de oito barras, locou-se apenas um gabarito. No momento da armação, este gabarito era soldado à armadura do pilar parede em altura definida de acordo com o projeto, de maneira que ficasse entre o *steel deck* e a altura final da laje e concretado. Após a concretagem, no momento de armar a laje, a parede era escareada e retirava-se as tampas na extremidade da luva para rosquear a barra ancorada na laje. Desta forma, era feita a ligação da laje com a estrutura de concreto armado responsável pela rigidez à edificação. No entanto, este processo reduziu significativamente a produtividade da armação da laje, à medida em que o processo para encontrar as luvas imersas no concreto nem sempre era imediato. Quando estas não eram encontradas, fazia-se necessário executar um novo furo para ancorar a laje, uma vez que não se pode abrir mão das unidades desta ligação. Este processo ficava ainda mais complexo devido a alta quantidade de armadura na parede de concreto armado. A alternativa encontrada pela equipe de produção da obra, foi executar a furação da parede com broca de vídea e fixar as barras com chumbador químico. Quando a laje de *steel deck* estava montada, dando acesso à cota de ancoragem na estrutura de concreto armado, executava-se a furação na parede de concreto armado, escarificando a parede em toda altura de ligação da laje, sendo feita a limpeza posteriormente. O interior dos furos executados foi feito com soprador, similar a bomba para inflar elementos pequenos como bolas. Com o furo livre de resíduos, foi feita a injeção de chumbador químico. Para aprovar a utilização destes materiais, nesta importante função estrutural, foi realizado ensaio de arrancamento das barras previamente, em ambos os testes, a barra de aço entrou em escoamento antes de se soltar da parede de concreto. A Figura 3, apresentada a seguir, ilustra o esquema estrutural final da ligação analisada.

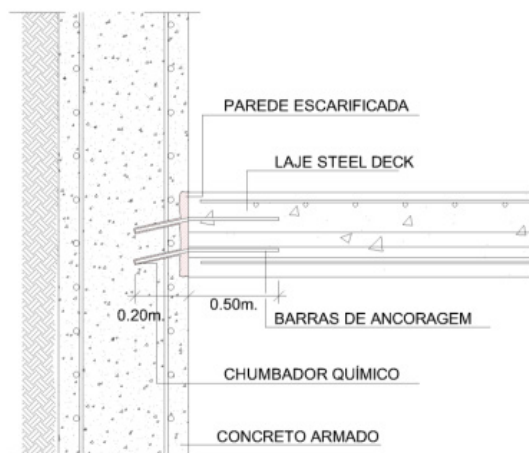


Figura 3: Ligação laje - estrutura de concreto armado

Esta alteração acarretou em ganho de produtividade no ciclo de armação da laje, reduzindo o ciclo de laje global da obra.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou apresentar a metodologia construtiva em estrutura metálica mista, alinhando os benefícios da construção em aço. A estrutura metálica oferece muitas vantagens apesar do alto investimento inicial, fornecendo um produto de maior qualidade e com mais rapidez no retorno do capital investido pela antecipação na entrega.

A partir de um exemplo de aplicação em uma edificação projetada e construída na área localizada no Porto Maravilha, cidade do Rio de Janeiro, RJ, foi possível apresentar as principais etapas do processo construtivo. Por meio da análise realizada, validou-se a utilização de lajes mistas *steel deck* em empreendimentos, ampliando a difusão de informações acerca deste tema.

A construção civil é uma indústria por definição, transformando matéria prima em produto comerciável através do processo de produção. No entanto, um de seus principais aspectos diferenciadores é a individualidade de seus produtos. Ainda que se repitam todos os procedimentos de uma construção, o novo produto estará em outra localidade, levando a outros fatores influenciadores de projeto e produção. Sendo assim, toda viabilidade técnica e econômica em empreendimentos deve ser feita individualmente e estudada em todos os seus aspectos. Com suas particularidades, cada projeto deve adotar a metodologia construtiva favorável aos fatores de maior peso para seu respectivo empreendimento. Estes fatores se remetem a adaptabilidade à arquitetura e qualidade, prazo de execução e custo para o empreendimento particular.

A análise, feita neste trabalho, retornou uma avaliação de escolha da metodologia construtiva em lajes mistas com forma colaborante, *steel deck*, como assertiva, à medida em que o prazo final de execução da estrutura foi atingido, mesmo com percalços ao longo da execução.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Paulo Alcides. Garagem América: **Um exemplo de pionerismo e arrojo tecnológico**. Portal Metálica Construção Civil. Disponível em: <<http://wwwo.metalica.com.br/pioneirismo-em-estrutura-metalica-no-brasil>>. Acesso em: 05 set. 2016.

BARROS, Bianca. **Lajes em steel deck**. Revista Técnica, v. 211, out. 2014. Disponível em:<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/211/veja-os-procedimentos-deexecucao-de-lajesem-steel-deck-327699-1.aspx>>. Acesso em: 04 set. 2016.

CALÇADA, Paulo Azevedo Branco. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade**: 2014. TÉCNICE. Steel deck ispon vel em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo287665-1.aspx>>. Acesso em: 04 set. 2016.

De Nardin, Silvana ; El Debs, Ana State of the art of steel-concrete composite structures in Brazil Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Nov 2013, Vol.166(6), pp.20-27

FREIRE, Carlos. **Histórico da Estrutura Metálica**. Disponível em: < http://www.carlosfreire.com.br/carlosfreire/empresa_artigos_comparativo.asp>. Acesso em: 12 set. 2016.

FREIRE, Carlos. **Lajes e pisos para estrutura metalica**. Portal metalica. Disponível em: <<http://wwwo.metalica.com.br/lajes-e-pisos-para-estrutura-metalica>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

Juliana Cruz Vianna ; Sebastião Arthur Lopes de Andrade ; Pedro Colmar Gonçalves Da Silva Vellasco ; Luciano Rodrigues Ornelas de Lima ; José Guilherme Santos Da Silva **Composite slab system for residential constructions using cold-formed steelplates with embossments** Rem : Revista Escol, a de Minas, 01 June 2007, Vol.60(2), pp.325-331

Lakshmikandhan, K. N ; Sivakumar, P ; Ravichandran, R ; Jayachandran, S. Arul Collombet, Francis **Investigations on Efficiently Interfaced Steel Concrete Composite Deck Slabs** Journal of Structures, 2013, Vol.2013, 10 pages

Lee, L.H ; Quek, S.T ; Ang, K.K **Negative moment behaviour of cold-formed steel deck and concrete composite slabs** Journal of Constructional Steel Research, 2001, Vol.57(4) pp.401-415 [Periódico revisado por pares]

MIRANDA, Edson De; LIPPI, Ivan; BRENDOLAN, Gianluca. **Mercado em formação; uso de lajes steel deck ainda é restrito no Brasil**. Revista técnica, v. 108, jul. 2010. Disponível em:<<http://construcaomercado.pini.com.br/negociosincorporacaoconstrucao/108/artigo283779-1.aspx>>. Acesso em: 04 set. 2016.

Sawahara, Asami ; Harada, Kouichi ; Yamanari, Minoru Sawahara, Asami **Development Of Design System For Steel Deck Slab With Function Of Comparison Design**, Kou Kouzou Rombunshuu, Jan 1, 2013, Vol.19(73), pp.73_95-73_105

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA MARQUÍSE – ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/11/2020

Amanda de Moraes Alves Figueira

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/2056313174357416>

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/8084586098803603>

Cynthia Jordão de Oliveira Santos

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/8440613787408534>

Débora Cristina Pereira Valões

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/1696238743352782>

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/3808888967301263>

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/1220142820022318>

Mariana Santos de Siqueira Bentzen

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/7208234502266322>

Paula Gabriele Vieira Pedrosa

Centro Universitário Maurício de Nassau -
UNINASSAU
Recife-Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/2262124484403231>

Vanessa Kelly Freitas de Arruda

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife - Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/5030811352278704>

RESUMO: Considerada uma das mais vulneráveis estruturas, as marquises ganharam destaque midiático, devido aos vários acidentes ocorridos no território brasileiro, incluindo a capital pernambucana, que geraram danos físicos e materiais aos transeuntes. Neste trabalho, foi estudada e analisada a marquise de um edifício localizado em área litorânea do Recife que apresentava várias patologias, as quais foram se agravando no decorrer de seus quarenta anos de existência. Foram feitas visitas ao local, com o objetivo de obter registros fotográficos e ter acesso aos projetos arquitetônicos da estrutura. A partir daí, abordou-se um breve histórico e as funcionalidades das marquises, conceitos dos principais tipos de manifestações patológicas que podem vir a se instalar nesse sistema e seus mecanismos de ocorrência, histórico de acidentes em Recife e a importância da realização de manutenções periódicas nessas estruturas. Com base nas informações coletadas, foi analisado o grau de risco da estrutura a partir da evolução das patologias que se apresentaram. Espera-

se que, de alguma forma, as autoridades e a população das capitais brasileiras comecem a tomar consciência deste problema de segurança pública a fim de que futuras tragédias possam ser evitadas.

PALAVRAS-CHAVE: Marquises, Patologias, Manutenção.

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS OF A MARQUISE - CASE STUDY

ABSTRACT: Considered one of the most vulnerable structures, marquees have been gaining prominence in the media due to recent accidents in Brazil, including the capital of Pernambuco, which have caused physical and material damages to passers-by. In this work the study of a building located in a coastal area of Recife was studied and analyzed, which presented several pathologies that were worsening during its forty years of existence. Visits were made to the site, with the objective of obtaining photographic records and access to the architectural projects of the structure. From there, a brief history and the functionalities of the marquees, concepts of the main types of pathological manifestations that may come to be installed in this system and its mechanisms of occurrence, historical of accidents in Recife and the importance of performing periodical maintenance Structures. Based on the information collected, the degree of risk of the structure was analyzed based on the evolution of the pathologies presented in it. It was also presented the solution used by the residents of the building to remedy the problem. It is hoped that the authorities and the population of Brazilian capitals will somehow begin to become aware of this problem of public safety so that future tragedies can be avoided.

KEYWORDS: Marquees, Pathologies, Maintenance.

1 | INTRODUÇÃO

As marquises são estruturas de concreto armado que apresentam características peculiares, por serem elementos estruturais em balanço que se projetam sobre calçadas. Suas características as enquadram em grupos normativos, manifestações patológicas e sistemas estruturais especiais. Melo (2011) resalta a importância do tema, destacando que:

“Os centros urbanos, representam o maior risco para as marquises, pois além de possuir um ambiente nocivo ao concreto, elas encontram-se em locais com grande circulação de pessoas. Nos grandes centros urbanos o meio ambiente é bastante agressivo, tanto pela emissão de gases poluentes, como pelas chuvas ácidas e também pela presença de névoa salina, quando em cidades litorâneas como o Recife e a maioria das capitais dos estados brasileiros. Sendo assim, os aspectos inerentes à durabilidade das estruturas, classes ambientais, cobrimentos de armaduras, detalhes executivos e sistemas de proteção estão previstos nas novas normas técnicas relacionadas ao concreto (Melo, 2011, p. 22).”

Neste trabalho foram apresentadas as manifestações patológicas na marquise de um edifício localizado na área litorânea do Recife. Destacando e analisando os problemas comuns neste tipo de estrutura.

2 | CONCEITOS BÁSICOS

2.1 Marquises

Conforme Gonçalves (2011), é possível conceituar marquises como sendo elementos constituintes de uma edificação que se projetam, em sua maioria, sobre logradouros públicos para proteção dos que transitam nos passeios, além de contribuírem para a arquitetura da fachada, possuindo características vantajosas para o imóvel. As suas formas de apresentação mais comuns nas edificações, de acordo com Anjos Filho (2007), são as lajes em balanço vinculadas por engaste ou dando continuidade à laje interna, esquematizados na figura 1.

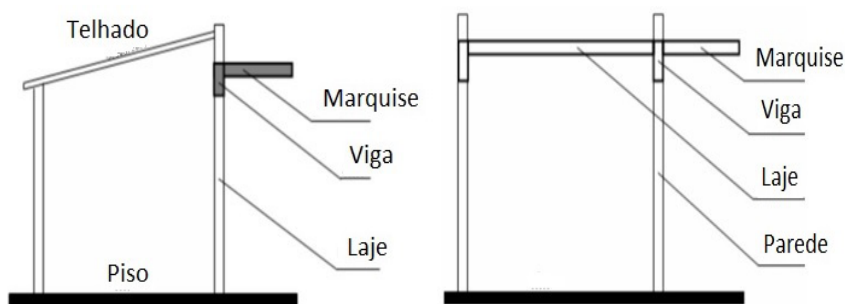


Figura 1 – Tipos de vinculação das marquises

Fonte: Anjos Filho (2007)

Segundo Felten *et al.* (2013), o concreto armado suporta elevadas deformações antes de fissurar e entrar em colapso total, porém, por possuírem apenas um apoio, as marquises podem sofrer uma ruptura brusca e sem avisos, gerando acidentes inesperados geralmente de grande porte e com vítimas. Na Tabela 1 são apresentados os acidentes causados pelo desabamento de marquises na Região Metropolitana do Recife nos últimos dois anos. Estes, em sua grande maioria, se deram por conta da falta de manutenção agravada pela elevada idade das construções e do uso inadequado destas estruturas.

Uso da edificação	Ano do acidente	Vítimas	Idade aproximada da edificação
Hospitalar	2015	3	40 anos
Acadêmico	2015	2	50 anos
Residencial	2015	2	40 anos
Comercial	2015	-	40 anos
Residencial	2015	1	50 anos

Comercial	2016	3	40 anos
Residencial	2016	-	50 anos
Monumento Histórico	2016	-	70 anos

Tabela 1 – Lavantamento dos desabamentos de marquises em Recife 2015-2016

Fonte: Autores (2017)

As normas atuais da ABNT não apresentam critérios específicos para marquises, no entanto, por serem estruturas de concreto armado em balanço, se enquadram nas considerações especiais das normas. Sendo assim, apresentam tempo de vida útil diferenciado em relação ao restante da estrutura, exigindo maior atenção, necessitando de vistorias frequentes para acompanhamento estrutural e suas devidas manutenções. Basso; Soares (2014) defendem a necessidade da implantação de planos obrigatórios específicos de fiscalização preventiva e manutenção predial para marquises. Com isso visa-se obter boa aparência e bom desempenho ao longo da vida útil destas estruturas, considerando que precisam apresentar segurança e estabilidade aos usuários.

2.2 Manutenção

A NBR 5674 sugere que durante a organização do sistema de manutenção se faz necessária a previsão dos gastos financeiros com materiais e recursos humanos atendendo aos três tipos de manutenção previstos.

- a) Manutenção rotineira, caracterizada por um fluxo constante de serviços simples e padronizados, para os quais somente são necessários equipamentos e pessoal permanentemente disponíveis nas edificações;
- b) Manutenção planejada, caracterizada por serviços cuja realização é organizada antecipadamente, tendo por referência solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos componentes das edificações em uso ou relatórios de inspeções periódicas sobre o seu estado de deterioração;
- c) Manutenção não planejada, caracterizada por serviços não previstos na manutenção planejada, incluindo a manutenção de emergência, caracterizada por serviços que exigem intervenção imediata para permitir a continuidade do uso das edificações ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e patrimoniais aos seus usuários ou proprietários. (NBR 5674, 2012, p.4)

A norma recomenda utilizar a manutenção rotineira e planejada de modo que se possa minimizar a ocorrência e necessidade da manutenção não planejada. Durante as manutenções, deve-se proporcionar o mínimo possível de interferência aos usuários. Nas inspeções, é importante analisar o uso e exposição ambiental da estrutura, a fim de prever seu comportamento.

Helene (1992), conceitua dois tipos de manutenções com informações que complementam os conceitos normativos, correlacionando com o aumento progressivo dos custos para cada tipo de intervenção.

Manutenção preventiva: toda medida tomada como antecedência e previsão, durante o período de uso e manutenção da estrutura, pode ser associada a um custo 5 (cinco) vezes menor que aquele necessário à correção dos problemas gerados a partir de uma intervenção preventiva tomada com antecedência à manifestação explícita de patologias. Ao mesmo tempo estará associada a um custo 25 (vinte e cinco) vezes superior àquele que teria acarretado uma decisão de projeto para obtenção do mesmo “grau” de proteção e durabilidade da estrutura. Como exemplo pode-se citar a remoção de fuligem ácida e limpeza das fachadas, estucamento ou reestucamento das superfícies aparentes, pinturas com vernizes e hidrofugantes, renovação ou construção de rufos, pingadeiras, beirais e outras medidas de proteção.

Manutenção corretiva: correspondem aos trabalhos de diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas, ou seja, correção de problemas evidentes. A estas atividades pode-se associar um custo 125 (cento e vinte e cinco) vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas a nível de projeto e que implicariam num mesmo “grau” de proteção e durabilidade que se estime da obra a partir da correção. (HELENE, 1992, p.25)

2.3 Principais manifestações patológicas

A partir do estudo das manifestações patológicas no Recife feito por Melo (2011), foi possível obter o gráfico da figura 2 com a incidência das principais manifestações patológicas existentes nas marquises da região.

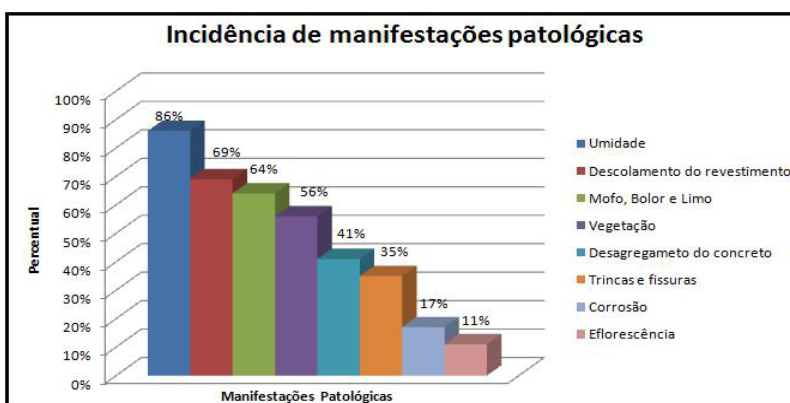


Figura 2 – Incidência de manifestações patológicas nas marquises do Recife

Fonte: Melo (2011)

2.3.1 Carbonatação

Gonçalves (2011) explica o efeito da carbonatação como sendo a penetração do gás carbônico, abundante na atmosfera, por meio de fissuras e poros no concreto que, ao entrar em contato com o aço da armadura, desencadeia um processo de despassivação, provocando corrosão. A velocidade deste processo depende do tamanho da fissura/poro, da relação água/cimento e da umidade do ambiente. A profundidade da carbonatação funciona como um indicador da durabilidade do concreto e da armadura.

2.3.2 Contaminação por cloretos

Melo (2011) afirma que a maior preocupação em meios litorâneos é a presença de névoa salina, também conhecida como maresia, que concentra alto teor de íons cloreto que, por meio das falhas de impermeabilização e fissuras, podem vir a penetrar e atingir a armadura provocando corrosão localizada, despassivação da armadura e desagregação superficial, como mostrado na figura 3. Esse fenômeno é visualmente percebido através de manchas brancas oriundas das grandes concentrações salinas na estrutura.

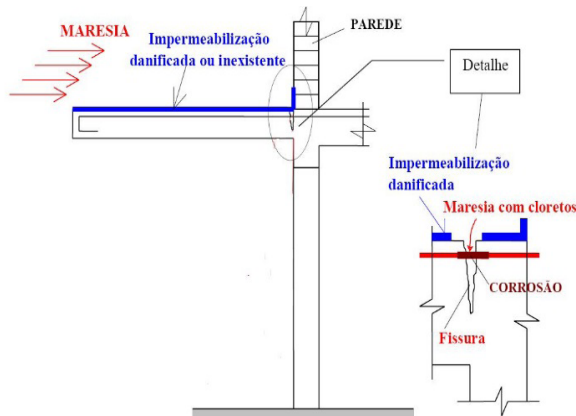


Figura 3 – Esquema de contaminação por cloretos em marquise

Fonte: IME (2008) apud Melo (2011)

2.3.3 Corrosão da armadura

Diversos agentes patológicos já citados ocasionam e contribuem para este fenômeno. Para Melo (2011) o concreto se apresenta como um sólido compacto e denso, porém com elevada porosidade, que permite a penetração dos agentes agressivos, provocando uma interação destrutiva do aço com o ambiente por processos químicos ou eletroquímicos, gerando a corrosão. Iniciado esse fenômeno, o aço tende a perder a aderência com o concreto e expandir chegando a alcançar oito a dez vezes do seu volume inicial. Sinharelli

(2016) classifica e conceitua os tipos de corrosões, quanto à sua morfologia em três categorias, conforme figura 4.

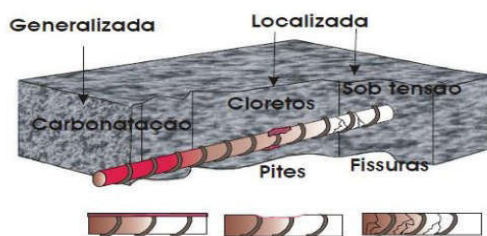


Figura 4 – Tipos de corrosão

Fonte: Cascudo (1997) apud Sinharelli (2016)

- a) Generalizada: é comum em vários tipos de estrutura e não apresenta uma gravidade acentuada, podendo ser uniforme ou não uniforme.
- b) Puntiforme: caracteriza-se por ser localizada, podendo aprofundar-se e causar ruptura pontual. A corrosão é tão intensa quanto maior a relação área catódica/anódica, tendendo assim a ser gravíssima.
- c) Sob tensão: localizada como a corrosão por pite, típica em armadura sob alta tensão fissurando a estrutura do aço. Sua gravidade se deve ao fato de não apresentar sintomas visuais, mas pela ocorrência de rupturas bruscas. (Sinhorelli, 2016, p. 35)

Nas marquises a corrosão sob tensão é o tipo mais veloz e arriscado para a estrutura, pois cria uma macro célula de corrosão gerando uma fragilização local do aço ocasionando o rompimento brusco da estrutura.

2.3.4 Eflorescência

Este fenômeno é o resultado de um processo de lixiviação, o qual a NBR 6118 (2014) conceitua como o mecanismo encarregado de transportar os compostos hidratados da pasta de cimento para o exterior da estrutura através de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas e outras. Os sais presentes no material transportado formam um produto insolúvel e esbranquiçado. O agravamento do caso ocorre se a armadura for exposta a esse fenômeno, por isso é indicado sempre anular a percolação da água pela estrutura.

2.3.5 Fissuras

De acordo com a NBR 6118 (2014), fissuras são inevitáveis em estruturas de concreto armado, dado sua alta variabilidade e baixa resistência à tração, porém é necessário ter

controle de modo que não venha a ocorrer comprometimento em sua durabilidade. Melo (2011) classifica as fissuras como sendo proveniente de variação térmica, sobrecargas, deformações excessivas, retração e alteração química dos materiais. Grochoski; Medeiros (2008), afirmam que as microfissuras que tendem a aparecer na parte superior da vinculação geram uma zona crítica como ilustrado na Figura 5 e contribuem para a ruptura abrupta das marquises, pois geram acessos a armadura principal, proporcionando a entrada de agentes patológicos que provocam oxidação.

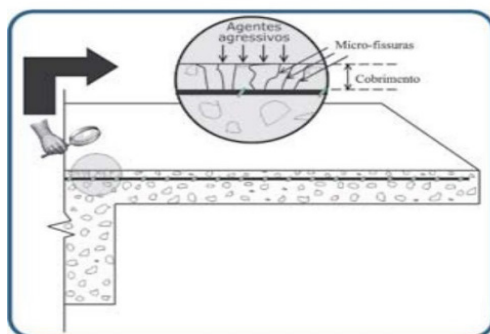


Figura 5 – Zona crítica de fissuração
Fonte: Grochoski; Medeiros (2008)

A NBR 6118 (2014), ainda estabelece aberturas máximas para as fissuras. São aceitáveis valores que não excedam 0,2 mm a 0,4 mm, visando garantir a proteção adequada das armaduras à corrosão.

3 | METODOLOGIA

Foram utilizadas como base deste estudo as plantas do edifício, laudo técnico de empresa especializada e acervo fotográfico da estrutura. Foi realizada uma comparação entre as medidas utilizadas na execução da obra, concluída há mais de quarenta anos, e as normas atuais para estruturas de concreto, classificando a agressividade ambiental, cobrimento nominal, tipo de concreto e a fissuração máxima aceitável.

Para análise e classificação do grau de risco das patologias e de seus fatores de degradação foi utilizado o método, criado por Correa (2013), que consiste em classificar as patologias encontradas e posteriormente enquadrá-las em seu grupo de risco, conforme apresentado na figura 6.

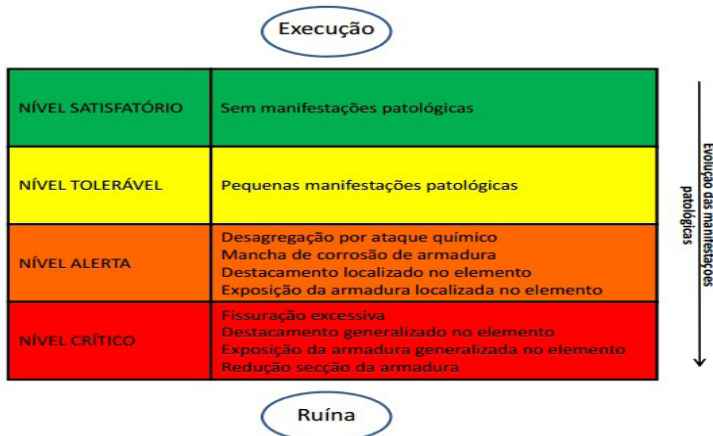


Figura 6 – Classificação das patologias

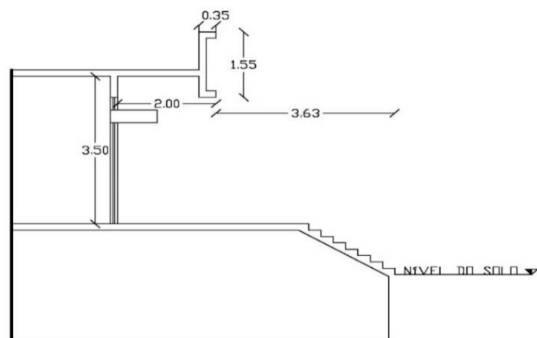
Fonte: Correa (2013)

Os níveis apresentados na figura 6 classificam-se como:

- Nível satisfatório (verde): estruturas sem indícios de problemas estruturais ou de durabilidade, com padrão de construção visualmente satisfatório, porém não isentas do emprego de vistorias para assegurar sua durabilidade e vida útil. Corresponde ao período de vida útil de projeto, em que a estrutura não apresenta manifestações patológicas.
- Nível tolerável (amarelo): estruturas sem indícios de problemas estruturais, mas com presença de anomalias de pequena monta e de fácil recuperação que, se não forem tratadas, tendem a causar problemas maiores no futuro.
- Nível alerta (laranja): estruturas em estado de durabilidade duvidosa, com presença de anomalias reveladas em que seria recomendável uma avaliação pormenorizada, podendo ser programada em médio prazo. Representa a fase em que a estrutura atingiu algum limite de serviço ou possui manifestações patológicas.
- Nível crítico (vermelho): estruturas com evidências nítidas de problemas estruturais e de durabilidade, necessitando de verificação imediata ou em curto prazo. Representa a proximidade com a vida útil última da estrutura, com manifestações patológicas graves e comprometimento estrutura. (Correa, 2013, p. 4)

4 | ANÁLISE DOS DADOS

A marquise em questão apresenta um sistema estrutural constituído por uma laje em balanço vinculada à edificação por continuidade da laje interna, que se projeta sob o recuo frontal do imóvel, como é possível observar no corte C-D que consta na figura 7.



CORTE C-D

Figura 7 – Corte com perfil da marquise estudada

Fonte: Autores (2017)

Analisando a classe de agressividade ambiental, segundo os parâmetros da NBR-6118 (2014), e as condições de exposição encontradas, a marquise se enquadraria no meio urbano, tabela 2, porém devido sua proximidade ao mar considerou-se uma classificação mais agressiva, marinha, passando de uma agressividade moderada para forte, com índice de alta gravidade ambiental, CAA tipo III. O laudo da marquise do edifício, vem para comprovar, através da opinião de especialista, a eficiência da metodologia utilizada e da inspeção visual, na conclusão do estado de risco e da necessidade urgente de intervenção da estrutura.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 2 – Classes de agressividade ambiental

Fonte: NBR 6118 (2014)

A partir da classe de agressividade ambiental esta norma faz correspondência com três parâmetros essenciais na concepção de um projeto: a espessura mínima do cobrimento nominal, qualidade do concreto de cobrimento e os valores limites das aberturas das fissuras. Além disso, institui um valor mínimo para o cobrimento nominal de acordo com o tipo da estrutura. No caso da marquise com laje de concreto armado, este valor não deve ser inferior a 35 mm e a classe mínima do concreto indicado é CA-30. Quanto ao terceiro parâmetro, de acordo com os critérios já classificados, as exigências relativas à fissuração exigem que o valor da abertura máxima de fissura deve ser menor ou igual a 0,3 mm.

A fiscalização e utilização destes parâmetros, garantem uma vida útil satisfatória e durabilidade a estrutura, não excluindo a necessidade de manutenções rotineiras. Por se tratar de uma edificação antiga, na época de sua construção a norma vigente não exigia tais especificações técnicas, presume-se que, a partir da inspeção visual, que esses valores não foram respeitados, o que agrava ainda mais o risco da armadura ser exposta aos agentes patológicos, e que a qualidade do concreto utilizado seja inferior à exigida.

4.1 Manifestações patológicas

Foram encontradas diversas manifestações patológicas na marquise estudada. A estrutura apresentava um concreto aparentemente poroso que facilitou a entrada de agentes agressivos, colocando em risco a integridade da armadura. Tendo em vista que a área possui agressividade forte, apresenta maior risco de deterioração da estrutura. Sem a proteção do concreto a armadura fica ainda mais vulnerável à ação da névoa salina, cloretos e outros mecanismos de deterioração, agravados pelo fato de o imóvel se encontrar em área litorânea. Foi possível observar um cobrimento nominal abaixo do exigido, até mesmo inexistente, quando retirado o revestimento, em alguns pontos da laje principal, para inspeção do estado das ferragens do edifício, como é possível verificar na figura 8.



Figura 8 – Ausência de cobrimento

Fonte: Autores (2017)

Foi possível identificar manchas, decorrente do acúmulo de água pluvial, em razão da ausência de um sistema de drenagem eficiente na edificação, causando, ao longo do tempo, aumento da umidade na região em balanço da marquise, como mostra a figura 9, dando condições para a infiltração de água pluvial, que alcança a armadura pelas microfissuras e poros do concreto.



Figura 9 – Manchas de umidade provenientes do acúmulo de água

Fonte: Autores (2017)

Na figura 10, identifica-se a presença de várias manifestações, tais como desprendimento do concreto, eflorescência, carbonatação, exposição e corrosão da armadura. Assim, ficou visto que as patologias se comportam de forma evolutiva, ou seja, quando não tratadas em seu estágio inicial tendem a se agravar e provocar outras. Verificou-se desse modo, que não se trata apenas de um agente patológico, mas sim de um conjunto deles, associados, devido a não solução imediata dos defeitos construtivos iniciais



Figura 10 – Desagregação do concreto, manchas de umidade e corrosão da armadura

Fonte: Autores (2017)

Na figura 11 é possível observar a presença de uma fissura bastante significativa, encontrada no parapeito da marquise na zona de vinculação com o restante da estrutura, responsável pelo desconforto e insegurança dos moradores.



Figura 11 – Fissura na vinculação da marquise com a laje interna

Fonte: Autores (2017)

A figura 12 apresenta o estado de degradação em que o concreto da viga principal se encontrava, e da exposição de sua armadura, agravadas pelas manchas de umidade. As fissuras encontradas excedem os valores previstos pela norma, gerando risco à estabilidade da estrutura responsável pela vinculação da marquise ao resto do edifício, o que agrava ainda mais o risco de uma ruptura abrupta. Conclui-se que houve perda na resistência inicial da viga aos esforços solicitantes. Quanto à armadura, o laudo indica um elevado grau de oxidação, como podemos observar na imagem. As infiltrações e exposição da armadura agravam ainda mais o risco e a perda de resistência dos materiais.



Figura 12 – Esmagamento da viga principal devido à sobrecarga

Fonte: Autores (2017)

A figura 13 permite a visualização de manchas de umidade, eflorescências e descolamento do revestimento argamassado, que provavelmente ocorreu devido a problemas na impermeabilização, permitindo a percolação da água através das fissuras localizadas na face superior da marquise.



Figura 13 – Bolor e mancha de umidade

Fonte: Autores (2017)

A maior parte das patologias, encontradas na marquise do edifício, poderia ser evitada caso houvesse manutenção rotineira, como indica a NBR 5674 (2012). No entanto, como as manutenções não foram realizadas em tempo oportuno, os problemas encontrados, degradaram tanto a estrutura, que tornariam a sua recuperação, sem demolição, onerosa e lenta, gerando grandes transtornos aos condôminos. Em reunião, estes, optaram pela substituição da marquise em concreto por uma em policarbonato alveolar e recuperação da estrutura restante (vigas e pilares).

5 | CONCLUSÕES

Neste trabalho se tem um panorama da importância das manutenções e vistorias serem constantes e obrigatórias para evitar o surgimento de manifestações patológicas, e consequente nível de deterioração. Esses cuidados são intensificados quando se trata de marquises, devido suas particularidades apresentadas.

Foi possível também comprovar a eficácia da inspeção visual das patologias, como método para determinação do grau de risco da estrutura, a partir da metodologia criada por Correa (2013). Apesar de não descartar a necessidade de uma inspeção mais detalhada da estrutura.

Concluiu-se que o cobrimento insuficiente das armaduras e o sistema ineficiente de drenagem das águas pluviais, foram as causas principais das patologias encontradas. A detecção destas falhas, e suas devidas correções, poderiam ter evitado grande parte dos problemas.

Como continuação do tema abordado, podem ser sugeridos estudos dos métodos de recuperação, aspectos de durabilidade e sistemas de drenagem e impermeabilização das marquises.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6023**: Informação e documentação – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002b.

_____. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118**: Projetos de estrutura de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 10520**: Informação e documentação – Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ANJOS FILHO, R.N. **Marquises – Acidentes estruturais**. Salvador, dezembro. 2007.

BASSO, T.M; SOARES, E.G.A. **Problemas de patologias em marquises na região central da cidade de Ubatã/PR**. Revista Thêma ET Scientia. Ubatã, Jan/jun. 2014.

CARMO, M.A. **Deterioração de marquises de concreto armado nas cidades de Bambuí MG**. Revista Técnica. São Paulo. Editora Pini, 2009.

CASTRO, E.K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Brasília, dezembro. 1994.

CORREA, M.F.I. **Implantação de programas de manutenção preventiva e corretiva em estruturas de concreto armado**. João Pessoa, junho. 2013.

FELTEN, D; GRAHL, K.F.S; LONDERO, C. **Levantamento de manifestações patológicas em marquises de concreto armado**. Revista Thêma ET Scintia. Paraná, jan/jun. 2013.

GONÇALVES, M.O. **Marquises de concreto armado da cidade de Viçosa-MG: Manifestações patológicas, inspeção e avaliação de grau de deterioração**. Minas Gerais, fevereiro. 2011.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2 ed, São Paulo, 1992.

MEDEIROS, H.F.M; GROCHOSKI, M. **Marquise: por que algumas caem?**. Revista CONCRETO & Construções. Manaus, junho. 2008.

MELO, A.C.A. **Estudo das manifestações patológicas nas marquises de concreto armado do Recife**. Recife, Escola politécnica de Pernambuco, programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. 2011.

PEDROSA, P.G.V. **Análise das patologias da marquise do edifício santa tereza**. Recife, Centro Universitário Maurício de Nassau, Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. 2016.

SINHORELLI, K.S. **Estudo do desenvolvimento de patologias nas marquises da região central de João Pessoa – PB**. Araruna, maio. 2016.

CAPÍTULO 4

PROPOSIÇÃO DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS – AMAZONAS, BRASIL

Data de aceite: 01/11/2020

Data de Submissão: 05/08/2020

Iraúna Maiconã Rodrigues de Carvalho

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas (IFAM)
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/8353952986090634>

Jussara Socorro Cury Maciel

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas (IFAM)
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/7127472548844722>

RESUMO: A análise da pesquisa indica algumas propostas para a indicação de um plano de mobilidade urbana ao PIM baseada em consulta aos setores relacionados e profissionais da área de transporte, bem como da indústria. Esta proposta incluirá pesquisa na área de Transporte Coletivo, Circulação Viária, Infraestrutura de Mobilidade e polos geradores de Viagens, cujo será o PIM como análise de estudo. Foi considerada, ainda, pesquisa do perímetro da infraestrutura das avenidas e do espaço disponível para veículos não motorizados, o tipo de integração de transporte da rede pública e privada (Sistemas de Transporte Coletivo e Comercial), quantitativo do número de rotas do transporte público e projeções do número de viagens baseadas nos 3 turnos por trabalhador formal. Também, contempla prognósticos dos itens em função dos dados coletados, baseado

nestas colocações existe uma necessidade de contemplação a estrutura acessível tráfego urbana para o PIM devido ao grande impacto que a mesma gera na economia da cidade.

PALAVRAS CHAVES: Suframa, Zona Industrial, Mobilidade Urbana.

OPTIMIZATION IN URBAN MOBILITY TO THE INDUSTRIAL POLE OF MANAUS - AMAZONAS, BRAZIL.

ABSTRACT: The research analysis indicates some proposals for the urban mobility plan indication to the Industrial Pole of Manaus (PIM) based on research in the sectors related to transportation professionals and industry. This proposal will include research in Collective Transportation, Road Circulation, Mobility Infrastructure and Travel Generation poles areas, which will be the PIM as study analysis. We include the infrastructure perimeter of the avenues survey and available space for non-motorized vehicles, the type of integration of public and private transportation (Collective and Commercial Transport Systems), quantitative number of public transport routes and projections of the number of trips based in 3 shifts per formal worker. Also, it contemplates prognostic of the items according to the collected data, based on these placements there is need to contemplate the accessible urban traffic structure for the PIM due to the great impact that it generates in the city's economy.

KEYWORD: Suframa, Industrial Zone, Urban Mobility.

1 | INTRODUÇÃO

O objetivo em análise da proposição do plano de mobilidade urbana destinado ao PIM, consiste em criar diretrizes para melhorias ao âmbito a rede: “os parques industriais estruturados podem ser configurados em um local específico, visando menor impacto ambiental, com contribuição social relevante, possuindo um conjunto de infraestruturas, tais como facilidade de acesso a transporte com mais de uma modal, fontes abundantes de energia (gás, elétrica), agilidade nos serviços públicos etc. A infraestrutura de logística do PIM não é exatamente o que se espera de um parque industrial estruturado, pois existem inúmeras deficiências no acesso a transporte. Como exemplo, uma carga aérea nacional destinada a uma indústria gozando de benefícios fiscais levava cerca de três dias úteis para ser liberada no aeroporto, enquanto uma carga aérea para exportação pode levar até sete dias para ser liberada para transporte. Uma vez que o aumento da acessibilidade pode induzir ao desenvolvimento de uma região, o PIM também foi uma estratégia de ocupação de uma região isolada do país, por isso muitas de suas restrições são típicas de regiões isoladas e com baixa acessibilidade.” (Rocha, 2009)

Conforme Rocha (2009), o governo do Estado utiliza alguns órgãos para administrar o transporte e a logística do PIM. Aparentemente estes órgãos não realizam a sua ação de maneira integrada, predominando as ações individuais de cada um deles. Existe aqui uma oportunidade de melhoria que é a sistematização das ações, mas o país como um todo possui restrições neste aspecto. Esta sistematização poderia ser feita através de diretrizes para conduzir a um modelo futuro melhor.”

Segundo Oficina Consultores (2015), os prognósticos realizados indicam que caso nada venha a ser feito, e com um a população crescente, alcançar-se-á 2035 com um custo anual da mobilidade, em valores correntes, de 7,8 bilhões de reais, o que em termos reais, considerando o crescimento populacional, significará um acréscimo de 25% no custo da mobilidade.

De acordo com as estimativas do IBGE 2017, Manaus possui 2.130.264 habitantes, e é avaliada como a sétima cidade mais populosa do Brasil. Seu plano de Mobilidade Urbana foi aprovado em dezembro de 2015, pela Câmara dos Deputados, o plano foi desenvolvido pela empresa terceirizada “Oficina Engenheiros Consultores Associados Ltda. Entretanto, mesmo com o plano finalizado e entregue a prefeitura pela empresa contratada, o Plano é relativamente tímido e não considera o Polo Industrial de Manaus (PIM), apesar de sua importância para a cidade.

O PIM, é um dos mais modernos da América Latina e atualmente reúne mais de 600 indústrias de ponta nos segmentos Eletroeletrônico, Duas Rodas, Naval, Mecânico, metalúrgico e Termoplástico, entre outros. A média de pessoas empregadas no PIM em 2017 está em 79.000 pessoas diretos (Mão de Obra com carteira assinada pela Empresa) e aproximadamente de 400 mil indiretos (Terceirizados e Temporários) e um faturamento

de R\$ 50,8 bilhões entre janeiro e agosto de 2017, de acordo com a publicação no site da SUFRAMA e com a existência de 768 empresas credenciadas em 2016, porém nem todas são localizadas na cidade de Manaus e consigo nem todas empresas estão localizada no PIM também, conforme o relatório de gestão da SUFRAMA apresenta.

O plano de mobilidade Urbana de Manaus contém diretrizes para o transporte motorizado, não motorizado e para o sistema de transporte coletivo e prevê ainda a implantação do BRT (*Bus Rapid Transit*), mas todas as diretrizes que contem nele são para longo prazo. O objetivo que contem nele tem a intenção de reduzir gastos públicos em relação a mobilidade urbana para os próximos 20 anos, melhorias no fluxo do transito, implementação de novas tecnologias ao sistema de transporte, aderência ao conceito de “*Smartie Citie*” ou “cidades inteligentes” modelos nos quais algumas cidade europeias vem utilizando para qualidade de vida melhor, o plano prevê também ações de acessibilidade para pessoas com deficiência e restrição de mobilidade, requalificação de calçadas e implantação do sistema ciclo viário, com redes ciclo viárias e bicicletário, contempla projetos que beneficiam a circulação viária, ampliação e reconfiguração da malha viária e redução de acidentes por meio da melhoria no sistema de semáforos.

De acordo com Ministério das Cidades (2005) a mobilidade urbana é um atributo das cidades e se refere à facilidade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano. Tais deslocamentos são feitos através de veículos, vias e toda a infraestrutura (vias, calçadas, etc.) que possibilitam esse ir e vir cotidiano. Isso significa que a mobilidade urbana é mais do que o que chamamos de transporte urbano, ou seja, mais do que o conjunto de serviços e meios de deslocamento de pessoas e bens.

Ainda segundo o Ministério das Cidades (2005), a mobilidade é o resultado da interação entre os deslocamentos de pessoas e bens com a cidade. Por exemplo, a disponibilidade de meios e infraestrutura adequados para os deslocamentos de pessoas e bens numa área da cidade pode ajudar a desenvolver tal área. Do mesmo modo, uma área que se desenvolve vai necessitar de meios e infraestrutura adequados para os deslocamentos das pessoas e bens naquele local.

Segundo o Ministério das Cidades, por meio da Secretaria de Transporte e da Mobilidade Urbana, e o Instituto Pólis em novembro de 2005, propuseram uma cartilha onde reforçam a ideia de que o plano de mobilidade urbana tem como objetivo principal colocar em prática os princípios e diretrizes da política de mobilidade urbana. Para o referido instituto o plano deve: articular a gestão do uso do solo e da mobilidade urbana; diminuir os custos ambientais e socioeconômicos da mobilidade urbana; assegurar que os modos de transporte urbanos sejam complementares e combinados; evitar a existência de locais com falta de oferta de serviços e locais com excesso de oferta; assegurar a equidade em relação ao uso da via e dos espaços públicos pelos cidadãos; racionalizar a circulação de veículos de transporte de bens e mercadorias e as operações de carga e descarga; procurar tornar universal o direito à acessibilidade urbana.

21 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica, principalmente, por meio da consulta ao Plano de Mobilidade da Cidade de Manaus, realizado pela Oficina Consultores LTDA, divulgado em 2015 pela homepage da Prefeitura da cidade.

Ademais, foi necessária a pesquisa exploratória por meio da coleta de dados nos órgãos relacionados ao trânsito e ao Polo Industrial de Manaus, dessa forma órgãos foram consultados para compor o presente estudo. Os órgãos que dispuseram as informações foram Superintendência Municipal de Transportes Urbanos (SMTU), Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) e Plano de Mobilidade Urbana de Manaus (Oficina Consultores LTDA) disponível no site da prefeitura de Manaus.

2.1 Dados do PIM

As empresas que são cadastradas na zona franca de Manaus, não estão localizadas diretamente no perímetro da zona industrial, algumas por exemplo são cadastradas na SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus) mas tem localização em cidades vizinhas ou em zonas distintas. O foco dos bairros do PIM na presente pesquisa serão os bairros do Distrito Industrial 1 e 2, Mauzinho, Japiim, Conjunto dos Industriários, Armando Mendes, Colônia Antônio Aleixo, Parque Mauá, Vila Buriti, Vila Militar Rio Negro, Crespo, Betânia, São Lázaro, Cachoeirinha, Jorge Teixeira, Gilberto Mestrinho, Puraquequara e Coroado. A Imagem 1 exemplifica de forma nitida a descrição e a localização do perímetro dentro o mapa da cidade de Manaus.

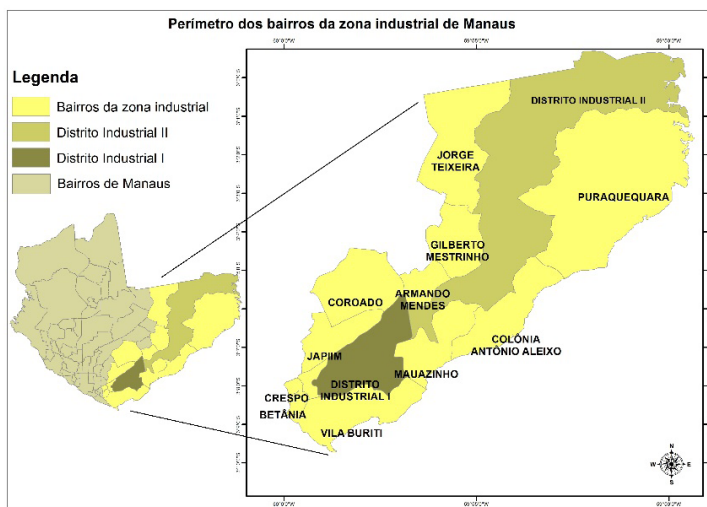


Imagem 1: Perímetro dos bairros da Zona Industrial de Manaus.

De acordo com a Imagem 1, os bairros com as cores diferenciada é onde apresenta a concentração maior das empresas do PIM, e alguns dos bairros estão sendo banhado pela margem da orla do rio negro, onde é utilizável para transporte público.

2.1.1 Empresas

De acordo com a atividade fiscalizatória da SUFRAMA, para fins burocráticos, foram inspecionadas 768 empresas credenciadas em 2016, porém nem todas estão localizadas no PIM e nem na capital do Amazonas.

2.1.2 Mão de obra

O Gráfico 1 apresenta explicitamente o quantitativo geral da mão de obra do PIM, segundo os indicadores de desempenho do polo industrial de Manaus fornecido no site da SUFRAMA, por subsetores (Bebidas não alcoólicas e seus concentrados, editorial e gráfico, de material elétrico, eletrônico e de comunicação, madeira, refoleiro, metalúrgico, minerais não metálico, mobiliário, papel e papelão...). A análise será feita apenas em cima do perímetro da zona Industrial pois é a região que esta concentrado 65 % de empresas cadastradas do PIM.

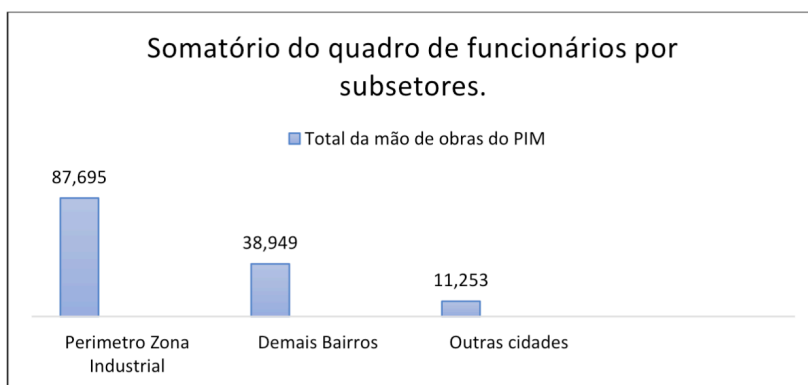


Gráfico 1: Mão de Obra do Perímetro da Zona Industrial, demais Bairros e outras Cidades.

Dos 137.897 funcionários regulares de empresas cadastradas no PIM, existem 87.695 trabalhadores em empresas no perímetro industrial.

2.2 Caracterização da Vias

As principais avenidas que restringem o perímetro da zona industrial são: Avenida Buriti, Avenida General Rodrigo Otávio, Avenida Silves ligando a BR 319, Avenida Solimões, Avenida dos Oitis, Rua Avenida Flamboyand, Rua Puraquequara, Avenida Norte e Sul, Avenida Abiurana.

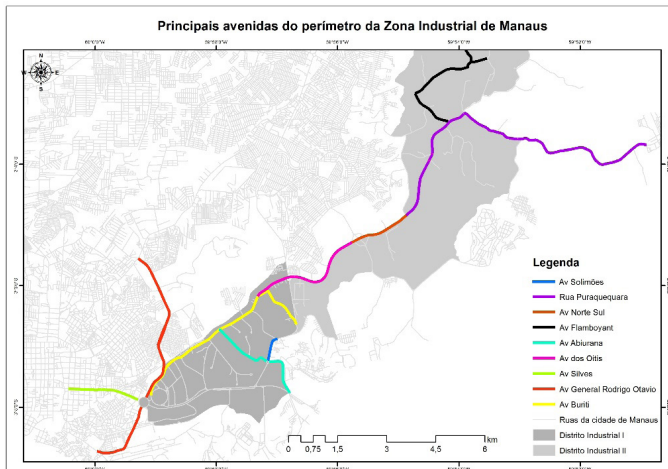


Imagem 2: Principais avenidas do PIM

A Imagem 2 exibe as principais avenidas que apresentam maiores fluxos de trânsito e maiores movimentos de veículos motorizados e não motorizados, segundo análise dos dados do plano de mobilidade urbano de Manaus, porém nem todas as avenidas possuem uma boa pavimentação, maior parte não são bem sinalizadas, em alguns trechos há uma necessidade de semáforos, não possuem tecnologia para controle de velocidade, não possuem a infraestrutura adequadas para receber as rotas dos modais terrestres, a Imagem 3 apresenta um dos problemas mais casuais de uma das principais avenidas.



Imagem 3: Pavimentação da Avenida Otis

Um dos principais fatores que agregam a essa péssima infraestrutura, dar-se-á pelo transporte de cargas, onde o principal porto da cidade localiza-se próximo ao perímetro da Zona Industrial, logo as avenidas em destaque recebem uma grande porcentagem do movimento de carretas.

2.3 Transporte Coletivo

O principal polo gerador do perímetro da Zonas industrial são as empresas do PIM, dos 87.695 trabalhadores há uma estimativa de que 20% utilizam o transporte coletivo, essa estimativa dar-se-á através de informações de que nem todas as empresas disponham o uso de transporte terceirizados (Rotas), porem nem todos os usuários são necessariamente os trabalhadores formais, segundo o Plano de Mobilidade De Manaus, a tabela 1 apresentam o carregamento de passageiros em uma das avenidas listadas como uma das principais do perímetro industrial com uma projeção de 2015 até 2020.

Seção Viária	Ano- 2015	Ano- 2020
Av. Buriti, próximo à Rua Javari	5.623	6.184
Av. Gal Rodrigo Octávio Jordão	3.212	3.545
Av. Autaz Mirim	10.864	12.824

Tabela 1: Carregamento de passageiros gerado na simulação para o modo coletivo no cenário de oferta atual (prognósticos) na hora pico manhã.

Segundo a Secretaria Municipal de Transporte Urbano existem 139 frotas de Ônibus em dias uteis, 95 frotas no sábado e 70 no Domingo presentes em 2018. O gráfico 2 apresenta a porcentagem do destino e origem de cada rota em relação aos dias uteis e finais de semana, a relação foi feita em vínculo às 139 frotas de dias uteis e 165 nos finais de semana (Sábado e Domingo).

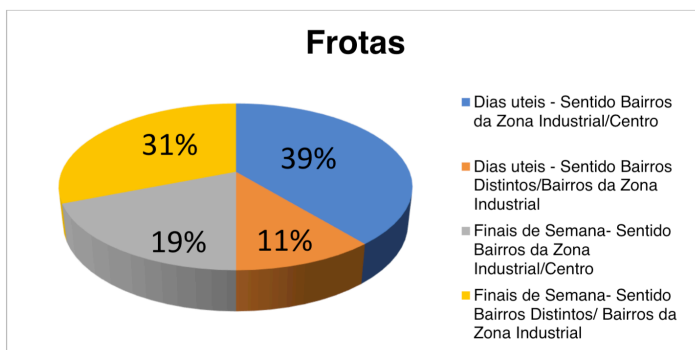


Gráfico 2: Frota dos Ônibus no PIM

Os valores dos gráficos com as cores azul e cinza representam a porcentagem em cima do número total da frota de ônibus que fazem as rotas semanais (78 frotas) e finais de semana (38 frotas) do sentido Zona Industrial - Centro e as cores amarelas e laranja são os sentidos dos Bairros Distinto - Zona Industrial semanal (22 frotas) e final de semana (62 frotas).

2.4 Transporte terceirizado

80 % das indústrias fornecem o uso exclusivo do transporte terceirizado destinado aos funcionários, os ônibus suportam até 45 passageiros sentados, e todos apresentam cadeiras confortáveis e ônibus climatizados, a tabela uma apresenta uma estimativa do número de rotas de passageiros.

Estimativa dos Trabalhadores do PIM que utilizam transporte terceirizado.	Capacidade Modal	Estimativa de viagens dos 3 turnos de Trabalho/ Modal	Estimativa de frotas de Ônibus diário.
70.156	45	270	1.560

Tabela 2: Estimativa das rotas de frotas terceirizadas

A Tabela 2 é uma estimativa da quantidade de rotas diárias de modais terceirizados, deve considerar que há a existência de 3 turnos de trabalho e 2 viagens feitas por trabalhador.

2.5 Transporte motorizado Individual

Segundo os prognósticos realizados pelo Plano de Mobilidade Urbana da Cidade de Manaus com projeções do ano de 2015, algumas das principais avenidas da Zona industrial apresentam as seguintes características conforme as tabelas apresentam.

Via	Ano - 2015
Av. dos Oitis - Entre Av. Autaz Mirim e Av. Burti	2.793
Av. Gal Rodrigo Octavio Jordão Ramos - Entre acesso ao Campus e Av. Solimões	3.245

Tabela 3: Fluxo de Veículos para o modo motorizado individual, hora pico manhã

A Tabela 3 apresenta o fluxo intenso de uma das avenidas, localizada no perímetro da zona industrial.

2.6 Caminhabilidade e Veículos Não Motorizados

Em entrevista ao representante e dirigente do grupo de ciclista “Pedala Manaus” Sr. Paulo Aguiar, cita que não há projetos para a Zona Industrial, porém há sugestões apresentados ao governo para ciclovias nas principais vias do DI (Distrito Industrial) e rotas ligando centro ao DI, pela Av. Silve e Av. Rodrigo Otavio, também foram apresentado sugestões de instalação de infraestrutura na Av. Autaz Mirim e Av. das Torres afim de que possam ser ligadas diretamente ao perímetro da Zona Industrial.



Imagem 4: Avenida Silves

A Imagem 4 representa o tipo de calçada favorável em uma das principais vias onde são bem largas e bem adequadas, e nesta avenida as calçadas são muito utilizáveis pois não apresenta um bom nível de segurança, consigo os pedestres se sentem inseguros para fazer o seu uso. As outras avenidas não apresentam a mesma qualidade igual a esta avenida. O perímetro da Zona industrial não apresenta uma faixa exclusiva para o uso de bicicletas, em alguns trechos das principais avenidas ela apresenta infraestrutura adequada para o uso compartilhado.

3 | CONCLUSÃO

Manaus tem 2 milhões de pessoas, destes 87 mil trabalham no PIM, representando 4,35 %, que mereciam uma gestão de transporte diferenciada. Foram identificadas 8 vias de principais acessos, que recebem a locomoção de aproximadamente 420 empresas, o estado e o governo federal dever-se-ão ter um novo olhar quanto aos investimentos em

infraestrutura dessas vias. Esse artigo apresenta como uma das propostas de melhorias e que pode ser integrado ao plano de mobilidade do PIM:

- ✓ Otimização dos horários das vias (Horário diferenciado para o transporte de carga)
- ✓ Com a otimização dos horários das vias, será possível a implementação de uma ciclo faixa, uma vez que não será exposto em risco a vida dos usuários pois não haveria compartilhamento das avenidas com carretas e veículos pesados.
- ✓ Pavimentações melhores para as avenidas.
- ✓ Diminuição do número de empresas terceirizados e incentivo ao uso compartilhado do transporte público, pois o número de rotas na área industrial é muito pouco quando comparado aos demais bairros.
- ✓ As empresas poderiam entrar em um consenso e promoverem o uso da margem da orla do rio negro não apenas para o movimento de cargas, e sim para o uso de transporte coletivo para seus funcionários.
- ✓ Necessidade de uma fiscalização dos órgãos competentes da cidade de Manaus para implementação de semáforos, placas sinalizadoras e instalação de câmeras para controle de velocidade.
- ✓ Alargamento das calçadas, a exemplo da Avenida Silves, nas outras avenidas, e mais fiscalizações policias para que haja mais incentivos dos seus usos pelos pedestres.

Por meio da presente pesquisa, percebe-se que seria possível uma gestão integrada da Suframa, indústrias e governo do Estado para implementar o Plano de Mobilidade do PIM, considerando que para as proposições serem adequadas para o local, há necessidade de compartilhar os instrumentos certos para aplicação das diretrizes com maiores fornecimentos de informações da necessidade de todas as empresas. Os trabalhadores e a população local necessitam das melhorias na Mobilidade Urbana local.

REFERÊNCIAS

Ministério das Cidades, Secretaria de Transporte e da Mobilidade Urbana, Instituto Pólis. (2005). Cartilha "Mobilidade Urbana e desenvolvimento urbano!". 1a edição. Acesso em www.cidades.gov.br em 29/04/2018. Oficina Consultores. (2015) Plano de mobilidade urbana de Manaus. Volume 1. Manaus. Pg. Número 7

Rocha, A.C.B (2009) *UM MODELO DE AVALIAÇÃO DA COMPETITIVIDADE LOGÍSTICA INDUSTRIAL*. COPPE- UFRJ, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Pagina número 57-59.

SUFRAMA. IDICADORES DE DESEMPENHO DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS. 2018.. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Manaus. Acesso em <http://site.suframa.gov.br/> em 29/04/2018.

SUFRAMA. PERFIS DAS EMPRESAS COM PROJETOS APROVADOS PELA SUFRAMA. 2016. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Manaus. Acesso em <http://site.suframa.gov.br/> em 29/04/2018.

SUFRAMA. Relatório de Gestão “Exercícios 2016”. 2016.. Ministério da indústria, comércio exterior e serviços – Médica Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA. Manaus. Acesso em <http://site.suframa.gov.br/> em 29/04/2018.

CAPÍTULO 5

ETANOL – COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL EM MOTORES DO CICLO DIESEL – ESTUDO DE VIABILIDADE EM USINAS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 19/08/2020

Flávio Nunes do Prado

Universidade de Rio Verde
Rio Verde - GO

<http://lattes.cnpq.br/1655336934493573>

João Eduardo Rocha dos Santos

Universidade de Rio Verde
Rio Verde – GO

<http://lattes.cnpq.br/3101561445897512>

Edson Roberto da Silva

Universidade de Rio Verde
Rio Verde – GO

<http://lattes.cnpq.br/3714573882022547>

RESUMO: O objetivo principal desse artigo é demonstrar de forma clara um estudo sustentável sobre o uso do etanol em motores de ciclo diesel, mostrando sua eficiência, custo de produção, emissão de poluentes e autonomia com ambos combustíveis em determinadas classes de equipamentos agrícolas do setor sucroalcooleiro. Demonstrando assim a vida útil estipulada de manutenção e custos de operação utilizando como combustível o próprio subproduto fabricado, estudo foi realizado por meio de pesquisas científica anteriores para fundamentação deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Etanol, Impactos Ambientais, Sustentável, Poluentes.

ETHANOL - RENEWABLE FUEL IN DIESEL CYCLE ENGINES - FEASIBILITY STUDY IN POWER PLANTS

ABSTRACT: The main diesel test is a sustainable study on the use of ethanol in diesel cycle engines, showing its efficiency, cost of production, emission of pollutants and the emission of classes of agricultural equipment in the sugar and alcohol sector. Demonstration to the user programmable maintenance and occupational costs of own manufactured by-product. This study was carried out through previous scientific research to support this work.

KEYWORDS: Ethanol, Environmental Impact, Sustainable, Pollutants

1 | INTRODUÇÃO

O uso do etanol como energia renovável em motores se torna cada vez mais constante em vários países, com o propósito de diminuir a poluição no mundo e o efeito estufa. Com isso alguns fabricantes de marcas renomadas tomaram a iniciativa de estudos desde o fim do ano de 1970, onde no primeiro momento não obtiveram sucesso, devido alto custo com a utilização de aditivos estabilizantes que deveriam ser colocados para que não ocorressem a deterioração precoce dos componentes internos dos motores de combustão interna (KOIKE, DALBEM & PASSARINI, 2006).

Foi retomada a ideia no ano de 1990, onde começaram maiores exigências dos impactos ambientais causados pelos motores

diesel. Com isso foi desenvolvido um aditivo emulsificante de marca Dalco que, permitiu o uso de 15% de etanol etílico nos motores diesel observando um funcionamento em condições normais, desenvolvendo assim uma proposta de viabilidade de uso desses motores no Brasil no ano de 1997 (KOIKE, DAL BEM & PASSARINI, 2006).

Países desenvolvidos como Estados Unidos, Alemanha e outros foram se interessando pelo assunto, e com isso envolveram pequenas frotas com teor de etanol e aditivos, onde acarretou o interesse das grandes montadoras de motor a desenvolverem uma tecnologia para contribuir com a redução da emissão de gases que aumentam o efeito estufa. Com o avanço da tecnologia, no ano de 1998 foram desenvolvidos novos aditivos estabilizantes: AEP-102, BIO 7 e Promad 1 que proporcionavam os mesmos efeitos de funcionalidade (KOIKE, DAL BEM & PASSARINI, 2006).

No Brasil, no ano de 1998 a mistura de etanol anidro com óleo diesel foi batizada de MAD3 e teve a liberação do Conselho interministerial Açúcar e Álcool. Assim iniciou-se o uso monitorado em frotas no estado de Curitiba e São Paulo (KOIKE, DAL BEM & PASSARINI, 2006).

Sobre o assunto analisado, o grupo Copersucar utilizou misturas proporcionais de até 10% de etanol anidro ao diesel sem conter aditivos, e outras usinas realizaram testes em pequenas frotas, acompanhando o desempenho e vida útil dos componentes. Em razão da própria usina ser a produtora do etanol, o custo reduziria significativamente em relação a aquisição de óleo diesel, claro se o consumo for equiparado e a deterioração dos componentes do motor forem equivalentes (KOIKE, DAL BEM & PASSARINI, 2006).

De acordo com Hollanda (2017) a fabricante de motor SCANIA, desenvolveu um motor diesel que utiliza etanol aditivado com 5% de emulsificante ao diesel que permite sua explosão. A tecnologia é usada em ônibus e caminhões na Suécia, foi experimentada no Brasil e na Índia. A IVECO desenvolveu, no Brasil, um motor diesel duo combustível que pode substituir até 40% do diesel, por etanol.

Segundo Pauferro (2012) para que a alimentação de um motor diesel aconteça exclusivamente com etanol é necessário o uso de recuperadores de lubricidade, aumentadores de número de Cetano e também devem ser adicionados redutores de corrosão que ajudam a inibir a ação do etanol nos componentes.

Assim, o principal objetivo desse trabalho culmina em demonstrar que a tecnologia do uso de combustível renovável por grandes indústrias como usinas, poderá ser uma grande viabilidade econômica e sustentável nos próximos anos, destacando consumos e emissões de poluentes em cavalos mecânicos de uma frota.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo apresentado foram realizadas pesquisas bibliográficas, e levantados artigos científicos, pesquisas em sites para enriquecimento de informações, para verificação dessa tecnologia e informações de órgãos oficiais mantendo a lei vigente do meio ambiente.

Através das pesquisas foram encontrados experimentos executados em alguns modelos de motores do ciclo diesel, onde realizaram alterações nos sistemas de injeção para haver a combustão interna, e os dados extraídos tabelados, para atingir a conclusão sobre a viabilidade do uso do etanol nos equipamentos de operação de uma usina.

A Figura 1 a seguir, apresenta o motor SCANIA DC9 E02 com 270 CV de potência, adequado para a utilização de combustível Etanol (PAUFERRO, 2012).

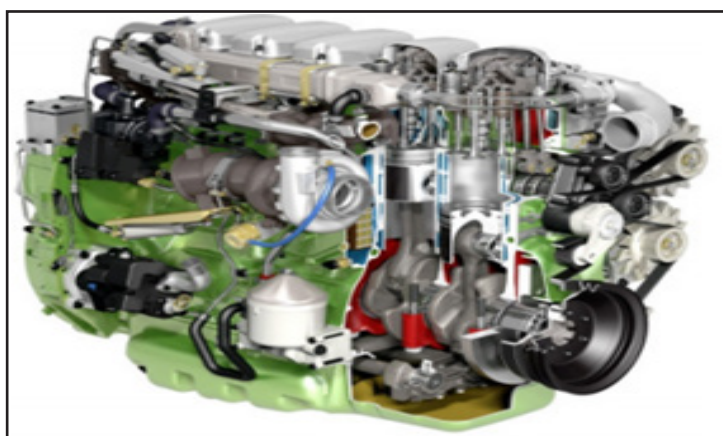


Figura 1 – Motor SCANIA DC9 E02 com 270 CV

Fonte: Pauferro, 2012.

Para realização deste experimento não foram executadas modificações nas propriedades mecânicas dos materiais utilizados na confecção dos componentes internos do motor ciclo diesel, conforme ocorre quando fabricado o motor adequado para uso de etanol SCANIA, portanto este protótipo esteve mais exposto a corrosões internas devido as propriedades característica do biocombustível etanol (ROSO; et al., 2016).

Quando trata-se da manutenção desses dois modelos de motores, sendo o primeiro não preparado adequadamente para o uso de etanol e o segundo um motor já desenvolvido para esse fins, os componentes que operam com medidas dimensionais precisas, necessitando periodicamente de verificações e ajustes, podendo variar somente torques e medidas de um motor diesel e um com funcionamento a etanol (PAUFERRO, 2012).

Os parâmetros utilizados para o estudo de viabilidade foram os limites de produção de poluentes NOx (que é a combinação de oxigênio e nitrogênio, que são poluentes

resultantes do processo de combustão), consumo de combustível e custos de manutenção, em um motor do ciclo diesel funcionando com etanol.

Um dos pontos destacados pelo Roberto Leoncini, diretor geral da SCANIA é o maior consumo de combustível, que é de até 40% a mais no etanol, mesmo assim para as usinas que são produtoras do etanol se torna viável e para “clientes verdes”, que cada vez mais estão sendo exigidos para seguir um padrão ambiental (KUTNEY, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os limites de emissão para motores de veículos pesados movidos a óleo diesel, de acordo com o PROCONVE, apresentando as escalas em NOx (óxidos de nitrogênio), MP (material particulado) e teor de S (enxofre em partes por milhão).

PRONCOVE	CONAMA	Vigência	NOx (g/kwh)	MP (g/kwh)	Teor de S (PPM)
P1	18/86	1989 a 1993	18	-	-
P2	08/93	1994 a 1995	14,4	0,60	3.000 a 10.000
P3	08/93	1996 a 1999	9,00	0,40	3.000 a 10.000
P4	08/93	2000 a 2005	7,00	0,15	3.000 a 10.000
P5	315/02	2006 a 2008	5,00	0,10	500 a 2000
P6	315/02	2009 a 2012	3,5	0,02	50
P7	403/08	2012 a 2013	2,00	0,02	10

Tabela 1 - Limites de emissão para motores de veículos pesados movidos a óleo diesel de acordo com as fases do PROCONVE

Fonte: Pauferro, 2012.

Todos esses padrões estabelecidos são utilizados pelos fabricantes dos motores diesel, para fabricação de motores dentro das normas existentes (PAUFERRO, 2012).

Para o motor em questão ciclo diesel, não preparado de fábrica para o uso do etanol, foram utilizados dois valores referenciais de potência para a coleta de dados: 20 kW e 50 kW, utilizados através de software adaptado no dinamômetro. A Tabela 2 apresenta esses parâmetros (ROSO, et al, 2016).

Variável	20 kW		50 kW	
	Simulado	Medido	Simulado	Medido
Potência líquida (kW)	21,69	20	51,95	50
Consumo de combustível (g/s)	1,82	1,73	2,97	2,81
BSFC (Brake-specific fuel consumption) (g/kW)	302,07	311,4	205,95	202,32

MAF (massa de ar) (kg/h)	300,24	300,6	423,53	424,8
Lambda	3,01	3,18	2,61	2,76
Pressão no cilindro (MPa)	7,68	7,07	9,97	9,65
Pressão na Admissão (kPa)	150	140	210	200
Pressão na exaustão (kPa)	210	170	140	180
Temperatura no coletor de admissão (°C)	70,2	64,7	106	114
Temperatura no coletor de escape (°C)	382	327	428	470

Tabela 2 – Diferentes parâmetros adquiridos experimentalmente e simulados através de software

Fonte: Ladeira, 2010

Com o uso de etanol há a redução significativa da produção e emissão de poluentes NOx(ppm) na forma de material particulado, conforme mostra a Figura 2, onde foi feito um experimento com um motor Cummins 3,92 L de 4 cilindros em linha (ROSO; NORA 2016).

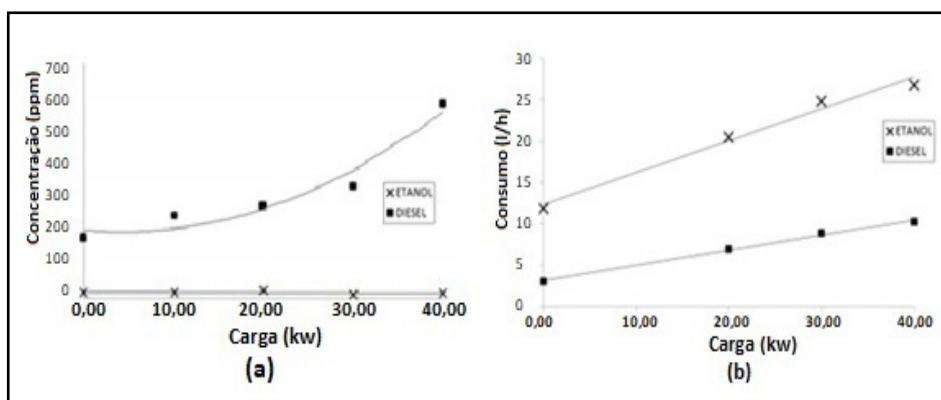


Figura 2 – Valores experimentais: (a) de emissões de NOx(ppm) para diferentes cargas e combustíveis; (b) de consumo de combustível (l/h) para diferentes cargas e combustíveis

Fonte: Roso, et al., 2016.

Segundo Roso (2016) o consumo de combustível de um motor funcionando com etanol é em torno de 55% maior em relação ao uso do diesel. Para obter essa conclusão foram exercidas cargas diferentes para verificação do comportamento de consumo, conforme aponta a respectiva Figura 2.

De acordo com os dados apontados no gráfico da Figura 2, encontra-se apresentado na Tabela 3 de custos operacionais em diferentes situações de cargas com ambos os tipos de combustíveis. Considerando dois formatos, onde um é o combustível adquirido pelo consumidor, utilizando valores referenciais da Agência Nacional do Petróleo (ANP),

e o outro com o combustível sendo produzido pelo próprio consumidor, sendo o caso das usinas sucroalcooleiras (ROSO, et al., 2016).

	Diesel	Etanol (ANP)	Etanol (Cana)	Etanol (Aipim)
0kW (sem carga)	6,91	22,49	7,83	8,74
20 kW	15,91	38,77	13,5	15,07
30 kW	20,24	47,00	16,36	18,26
40 kW	23,49	50,79	17,68	19,74

Tabela 3 - Custo de operação para variados combustíveis e condições de carga (R\$/h).

Fonte: Roso, et al., 2016.

Segundo Roso (2016) o custo de fabricação do Etanol em 2005 a partir de mandioca e da cana-de-açúcar, são respectivamente R\$0,736 e R\$ 0,659. E se tratando da aquisição do etanol e óleo diesel na ANP o custo fica aproximadamente R\$1,893 e R\$2,30, respectivamente.

A partir dessa análise sobre a condição desse mesmo modelo de motor operando a carga de 40 kW instalado numa frota de 10 caminhões de uma usina sucroalcooleira, medidos por horas de trabalho, considerando que cada equipamento opere pelo período 18 das 24 horas diárias, é possível obter uma economia real diária de R\$104,58 em cada um dos caminhões utilizando etanol produzido ao invés de adquirir óleo diesel, totalizando R\$1.045,80 para os 10 equipamentos. Portanto, entende-se que o uso do etanol se torna totalmente viável aos produtores do mesmo.

Para cada tipo de motor de combustão interna à uma aplicação diferente, com isso os mesmos podem trabalhar em atividades mais severas, exigindo maiores cargas aplicadas no motor, exigindo bastante dos seus componentes, portanto deve seguir os planos de manutenções de acordo com o manual do fabricante (PAUFERRO, 2012).

A partir dos dados da figura 4, é possível verificar que o custo de manutenções preventivas no motor abastecido com etanol é maior devido intervalos menores de quilometragem entre as manutenções, aplica-se o mesmo período no caso de horas trabalhadas do motor, sendo que na Tabela 4 apresenta um modelo medido por quilometragem. O custo da preventiva é 50,55% a mais nos motores abastecidos com etanol, com essa informação pode-se fazer a estimativa que em 8 dias de economia de óleo diesel numa frota total de 10 caminhões utilizando somente etanol equilibra os custos satisfatoriamente.

Motor SCANIA	Troca óleo lubrificante	Troca filtro combustível	Reparo UI	Troca filtro ar	Custo previsto em R\$
DL 09 E02 (etanol)	10.000 km (35 litros)	20.000 km	20.000 km	40.000 km	16.885,00
DC9 (diesel)	15.000 km	30.000 km	60.000 km	120.000 km	8.349,22

Figura 4 - Diferentes valores e intervalos para as manutenções preventivas de dois motores urbanos com mesma potência e uso de combustíveis diferentes

Fonte: Pauferro, 2012.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todos os dados obtidos conclui-se que o uso do etanol como energia renovável em motores do ciclo diesel é viável para aplicação em equipamentos de indústrias sucroalcooleiras, pelo motivo de ser as próprias produtoras do combustível.

Dos pontos positivos do estudo destaca-se que com o uso do etanol a redução dos gases e dos materiais particulados produzidos pela combustão do óleo diesel é bastante considerável para as leis ambientais vigentes e também para o bem social. Com a diminuição desses poluentes é possível reduzir cada vez mais o efeito estufa, um dos grandes motivos para a viabilidade do estudo.

A adoção de medidas governamentais tornaria ainda mais possível a baixa do custo final do etanol chegando ao consumidor de maneira mais acessível, incentivando o uso deste tipo de combustível menos poluente.

Portanto, mesmo com o maior consumo do motor no etanol e acrescidos os custos de manutenção, é viável o uso do mesmo nas usinas, devido custo de produção ser menor do que aquisição do óleo diesel no mercado. Com certeza será viável em tempos próximos para empresas “verdes” que tem um compromisso com um meio ambiente e se fosse aplicado algum incentivo fiscal no preço desse combustível.

REFERÊNCIAS

KOIKE, G.H.A.; BEM, A.J.D; PASSARINI, L.C. **Utilização de etanol em motores de ciclo diesel**. São Carlos, SP. Vol. 3, N° 2, 141-149, 2006.

KUTNEY, Pedro. **Scania lança semipesado P 270 movido a etanol**. Caxias do Sul. 2011. Disponível em: <<https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/11749/scania-lanca-semipesado-p-270-movido-a-etanol>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

LADEIRA, Vinicius. **A fase p-7 do proconve e os impactos no setor de transportes**. Rio de Janeiro: CNTDESPOLUIR, 2010. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Estudo/a-fase-p7-do-proconve-e-o-impacto-no-setor-de-transporte-cnt>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

PAUFERRO, Moises Teruel de Oliveira. **Uso do etanol como combustível para motores diesel: uma discussão sobre a viabilidade.** São Caetano do Sul, SP. Monografia (Especialização MBA Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade) – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.

ROSO, V.R et al., **Consumo de combustível e emissões de poluentes em um motor Diesel convertido a etanol para geração térmica de energia elétrica.** Londrina, PR. Vol. 37, N° 1, 131-142, 2016.

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE METODOLOGIAS DE DESMONTE SECUNDÁRIO PARA UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 19/08/2020

Silas Leonardo Dias Vasconcelos

Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral – Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/8355990043138309>

Suelen Silva Rocha

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

Júlio César de Souza

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4295864256992991>

Bruno Cordeiro Cerqueira das Neves

Pedreira Herval Barreiros - PE
<http://lattes.cnpq.br/1435487767030522>

RESUMO: A rocha britada é um dos principais produtos minerais produzidos no Brasil, representando uma parte significativa do setor mineral. A brita é produzida geralmente a partir de rochas ígneas e é utilizada como agregado graúdo na indústria do concreto. A extração desse bem mineral é realizada com o uso de explosivos, através de processos de desmontes de rocha. Os blocos de rochas desmontadas que

não apresentam dimensões compatíveis com as etapas subsequentes (*oversizes*) passam por um desmonte secundário que pode ser realizado de maneira mecânica ou novamente com explosivo. Este trabalho comparou o desmonte secundário com uso de carga explosiva interna ao bloco e o método com o rompedor hidráulico. Foram quantificados os custos relacionados a esses dois tipos para determinar a maneira mais economicamente vantajosa de fazê-lo. O rompedor hidráulico se mostrou mais rápido e eficiente que o método com explosivo. Os custos nos processos foram similares, porém as limitações e as variáveis presentes no método com explosivo prejudicam sua eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Mineração de agregados, Desmonte secundário, Rompedor hidráulico, Explosivos.

TECHNICAL-ECONOMIC EVALUATION OF SECONDARY BLASTING METHODOLOGIES FOR A AGGREGATE MINING

ABSTRACT: Crushed rock is one of the main mineral products produced in Brazil, representing a significant part of the mineral sector. The gravel is generally produced from igneous rocks and is used as a bulk aggregate in the concrete industry. The extraction of this mineral resource is carried out with the use of explosives, through processes of rock blasting. Fragmented rock blocks that don't have dimensions compatible with subsequent operations (*oversizes*) pass through a secondary blasting that can be performed mechanically or again with explosive. This work compared the

main methods of secondary blasting used, which are: the secondary blasting with the use of internal explosive charge to the block and the method with the hydraulic breaker. The costs related to these two types were quantified to determine the most economically advantageous way to do it. The hydraulic breaker proved to be faster and more efficient than the explosive method. The costs in the processes were similar, but the limitations and variables present in the method that uses explosive impairs its efficiency.

KEYWORDS: Aggregate mining, Secondary blasting, Hydraulic Breaker, Explosives.

1 | INTRODUÇÃO

Desde a Idade da Pedra, o homem vem utilizando rochas para o seu desenvolvimento e à medida que o homem foi se tornando sedentário e passou a fase de urbanização, as rochas passaram a ter enorme importância, sendo utilizadas nos mais variados tipos de construções. No início, as técnicas de uso das rochas eram extremamente rudimentares e com os avanços tecnológicos ocorreram grandes melhorias nos processos de lavra nas pedreiras. Ainda hoje, grandes quantidades de rochas britadas são utilizadas na construção de edifícios, casas, estradas e outras obras civis (KOPPE, 2009).

Os agregados são matérias-primas minerais de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico de um país e igualmente importante para a qualidade de vida da sociedade. São as substâncias minerais mais consumidas e, portanto, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no mundo. As minerações típicas de agregados para construção civil são os portos-de-areia e as pedreiras, como são popularmente conhecidas. Geralmente as rochas usadas na produção de brita são os granitos, basaltos e gnaisse (FERREIRA, 2009).

A exploração de maciços rochosos para a produção de brita é realizada com uso de explosivos através da elaboração de um plano de fogo, o qual leva em consideração as propriedades do maciço e do explosivo. O procedimento tem como principal objetivo fragmentar o material até dimensões adequadas para as operações subsequentes (KOPPE, 2009). Na maioria das vezes, na mineração de agregados, resultam do desmonte primário de rochas alguns fragmentos que não podem ser carregados pela escavadeira ou são maiores que a alimentação do britador; tais fragmentos são denominados *oversizes* (figura 1). Nestes casos, a fim de adequar o material à granulometria exigida, torna-se necessário realizar a operação de desmonte secundário, seja por meio mecânico ou com uso de explosivo (STIEHR; DEAN, 2014).



Figura 1 - Blocos de rocha com dimensões incompatíveis com maquinário

Fonte: AUTORES (2017)

O desmonte secundário é o processo de redução de materiais de grandes dimensões. O material de tamanho excessivo pode ser causado por muitos fatores, incluindo geometria do desmonte, pré-condicionamento do maciço, design impróprio, geologia, mau funcionamento dos explosivos e falha de ignição. Reduzir pedaços grandes de rocha para um tamanho gerenciável é uma operação muito cara e geralmente requer um trabalhador qualificado para executá-la corretamente (FERREIRA, 2009).

O desmonte secundário realizado com explosivo o mesmo pode ser alocado na superfície do bloco ou no interior, por meio de uma perfuração prévia. Nesses dois métodos estão envolvidos diversos fatores, tais como: mão de obra, equipamentos e insumos.

No estudo dos equipamentos a determinação do custo horário é um parâmetro bastante difícil de ser obtido, em razão da diversidade de fatores que nele incide, além da grande variedade de modelos existentes e cujas características próprias são diferentes. Além disso, as condições específicas de uso da máquina provenientes de circunstâncias locais como, topografia, tipo de solo e características especiais do serviço, podem influir sensivelmente no aumento ou diminuição dos custos. Por isso, a determinação prévia dos custos só é feita sob forma de estimativas, baseadas em hipóteses razoáveis, que podem se aproximar ou fugir dos custos reais apropriados, dependendo dos parâmetros adotados e da experiência do orçamentista (RICARDO; CATALANI, 2007).

Com o enfraquecimento da construção civil a nível nacional, encontrar maneiras de reduzir os custos operacionais é fundamental para qualquer empresa manter-se competitiva no mercado. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar os dois principais métodos de desmonte secundário, desmonte secundário com carga explosiva interna e o desmonte secundário através de rompedor hidráulico, utilizados na Pedreira Herval, localizada no município de Barreiros- Pernambuco, visando a determinação do método mais vantajoso economicamente.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização a comparação de custos referentes às formas de desmonte secundário escolhidas, foram coletados e analisados os custos unitários de cada procedimento em função custo horário e outras despesas de execução, para obter uma comparação econômica entre os métodos aplicados. Os valores utilizados foram obtidos através de fabricantes de máquinas e equipamentos, da pedreira Herval e da Convenção Coletiva de Trabalho (CCT).

Segundo Ricardo e Catalani (2007), o custo horário que um equipamento gera para um empreendimento pode ser determinado, através da expressão (1). O valor inicial é constituído pela soma de todas as despesas ligadas à aquisição da máquina, como preço da compra mais impostos incluídos, despesas com financiamento, seguros, frete e armazenamento. A vida útil é o tempo em horas que a máquina ainda é rentável apesar de seus gastos associados. Em seguida, o valor residual, que é o valor de revenda do equipamento ao fim de sua vida útil, é claro que pode variar bastante, pois será afetado pelos cuidados com a manutenção e operação racionais.

$$\text{Depreciação horária } (D_h) = \frac{\text{Valor inicial} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil (em horas)}} \quad (1)$$

2.1 Análise da Viabilidade Técnica

Para a determinação dos custos do desmonte secundário utilizando cargas explosivas internas, foi feito um levantamento de todos os materiais, equipamentos e mão de obra envolvida no procedimento. Na etapa de furação dos *oversizes* foram coletados os custos correspondentes à depreciação (Tabela 1) da perfuratriz manual e do compressor, o combustível e o valor gasto pela empresa com os funcionários (marleteiros) mais encargos sociais. A perfuratriz exige um grande consumo de ar, sendo necessário um compressor compatível com esse consumo, em geral compressores com 30 - 40 CV de potência. No carregamento dos furos com explosivos, estão envolvidos os custos do explosivo e funcionários para carregar e tamponar todos os furos.

Equipamento	Valor de compra (R\$)	Valor residual (R\$)	Vida útil (h)
Perfuratriz	4.000,00	1.000,00	15.000
Haste	500,00	0	250
Compressor	10.000,00	3.000,00	25.000

Tabela 1 - Valores relacionados ao marletele e ao compressor

Fonte: AUTORES (2017)

Durante a análise da perfuração com a perfuratriz pneumática manual foi obtida a média do tempo para executar um furo com 2/3 a 3/4 da espessura do bloco, mais o tempo médio que o colaborador despendeu para se posicionar em outro bloco e por último o tempo gasto na troca de haste devido à diferença de comprimentos. Sabendo o volume total de blocos perfurados, foi aproximado o tempo necessário para perfurar um determinado volume de *oversize* e assim definir a taxa de metros cúbicos furados em função do tempo, 0,12 m³/min. É importante lembrar que para a perfuração são necessários no mínimo dois marteleteiros, por questões de integridade do funcionário, não sendo possível o mesmo trabalhador executar esta tarefa por várias horas seguidas. A figura 2 ilustra a etapa de perfuração do *oversize* com a perfuratriz pneumática.



Figura 2 - Perfuração dos matacões, preparação para o desmonte secundário

Fonte: AUTORES (2017)

O consumo energético do compressor foi determinado através de tabelas da Celpel, referentes a empresas do porte da Pedreira Herval, garantindo uma aproximação razoável do valor real. Para esse método foi considerado o uso de dois marteleteiros na perfuração e três ajudantes no carregamento e tamponamento dos furos. A tabela 2 apresenta os custos com mão de obra mais os equipamentos, em função do tempo. Os custos com 50 kg de emulsão encartuchada (8"x1") e acessórios foi de R\$ 315,00 e R\$ 140,00 respectivamente. Os preços dos explosivos foram fornecidos por fabricantes.

Componentes	R\$/h
Dep. Perfuratriz	0,20
Dep. Haste	2,0
Dep. Compressor	0,28
Cons. de energia (30 KW)	21,25
Marteleteiro (x2)	18,20
Ajudantes p/carregamento (x3)	27,30
Total	69,23

Tabela 2 - Total de custos variáveis do desmonte secundário com carga interna

Fonte: AUTORES (2017)

2.2 Desmonte Mecânico (Rompedor Hidráulico)

O rompedor hidráulico é formado por uma escavadeira equipada com um braço rompedor (que gera a percussão) e a ponteira, como é mostrado na figura 3. Os três componentes se depreciam durante a realização das tarefas, entretanto o custo associado à depreciação é diferente entre eles.



Figura 3 - Braço com rompedor hidráulico e escavadeira

Fonte: AUTORES (2017)

A produtividade do rompedor foi estimada por volta de $0,12 \text{ m}^3/\text{min}$, determinada em função dos metros cúbicos de rocha fragmentados durante um dado intervalo de tempo. Os dados da escavadeira foram obtidos com vendedores, considerando modelos aproximadamente iguais, com capacidade de caçamba de $1,20 \text{ m}^3$ e peso operacional de 20 toneladas. A ponteira e modelo de rompedor foram escolhidos conforme a capacidade da escavadeira e suas especificações. A tabela 3 apresenta a média desses valores.

Equipamento	Valor de compra (R\$)	Valor residual (R\$)	Vida útil (h)
Escavadeira	440.000,00	120.000,00	20.000
Braço rompedor	95.000,00	20.000,00	16.000
Ponteira	3.500,00	0,00	20.000

Tabela 3 - Média dos valores obtidos com os fabricantes

Fonte: AUTORES (2017)

Também existem outros custos associados a esse método de desmonte secundário que, somados à depreciação, determinam o custo horário total da operação como é mostrado na tabela a seguir.

Componentes	R\$/h
Dep. Escavadeira	16,00
Dep. Rompedor	3,75
Dep. Ponteira	14,00
Combustível	14,00
Operador	12,7
Manutenção	9,00
Total	69,45

Tabela 4 - Quadro resumo dos custos com uso do rompedor hidráulico

Fonte: AUTORES (2017)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ser possível a determinação do custo unitário e a comparação entre os métodos de desmonte secundário foi estabelecido um denominador comum. A maneira escolhida para comparar as técnicas foi estipular um volume de rocha específica e determinar o custo total de cada procedimento para esse mesmo volume, considerando o máximo de variáveis encontradas.

Para avaliar este método como um todo é fundamental averiguar cada etapa discriminadamente, pois o número de horas necessárias para a execução de cada tarefa é diferente. No desmonte secundário com explosivos, a etapa de perfuração com a perfuratriz pneumática durou cerca de 14 horas, e foram necessárias 4 horas para carregamento e tamponamento dos furos. A tabela 5 apresenta o custo horário com as horas necessárias para executar cada parte do desmonte secundário de 100 m³ de rocha. Apenas o custo com explosivos e acessórios são constantes.

Componentes	R\$/h	Horas	Custo final (R\$)
Dep. Perfuratriz	0,2	14	2,80
Dep. Haste	2	14	28,00
Dep. Compressor	0,28	14	3,92
Cons. de energia (40 CV)	21,25	14	297,50
Marteleteiro (x2)	18,2	14	254,80
Ajudantes (carreg.) (x3)	27,3	4	109,20
Explosivos (50 kg)	-	-	315,00
Acessórios	-	-	140,00
Total			1151,22

Tabela 5 - Custos do desmonte secundário, com carga interna, para 100 m³ de rocha

Fonte: AUTORES (2017)

Na tabela é possível notar que os custos mais significativos estão associados à perfuração dos *oversizes*, ao consumo energético do compressor e ao funcionário que desempenha a tarefa. Vale salientar que existem inúmeros modelos de compressores e perfuratrizes, portanto esses gastos podem ser mutáveis. Foi considerada uma situação ideal para os marteleteiros, onde dois funcionários se revezaram para esta mesma tarefa. A operação completa dura cerca de 18 h, mas os desmontes com explosivos geralmente só podem ser realizados em determinados horários, devido a problemas com a vizinhança.

No método mecânico, a taxa de produção é de 0,12 m³/min do rompedor, como foi descrito anteriormente, portanto serão necessárias aproximadamente 14 horas trabalhadas para o equipamento romper cerca de 100 m³ de rocha. A capacidade de produção do rompedor está diretamente ligada ao tamanho e forma dos *oversizes*, apresentando uma perda de produtividade ao trabalhar blocos muito grandes, aparentemente com volumes superiores a 2,5 m³. O custo horário de um rompedor hidráulico foi estimado em R\$ 70,00. Assim, considerando que o equipamento trabalha 8 horas diárias, foi possível determinar que o custo total de execução dessa tarefa é R\$ 980,00.

De posse dos custos das operações realizadas nos dois métodos, dividiu-se este pelo volume de *oversizes* desmontados e então determinou-se o custo unitário do desmonte secundário com carga interna e o custo unitário do desmonte secundário com o rompedor hidráulico, obtendo assim 9,80 R\$/m³ e 11,50 R\$/m³ respectivamente.

4 | CONCLUSÃO

Para fragmentar os *oversizes* de rocha (matações resultantes do desmonte primário) os dois métodos apresentaram resultados similares. Com o uso de desmonte com carga interna determinou-se um custo unitário de aproximadamente 11,50 R\$/m³ e utilizando o rompedor hidráulico um custo unitário de 9,80 R\$/m³. Considerando que existem variações

no preço de equipamentos, energia, desgaste e outros, é razoável considerar que os dois métodos possuem o mesmo custo, porém as variáveis operacionais dos dois procedimentos são bem diferentes.

No desmonte secundário com uso de carga interna, foi considerado que o marteleteiro trabalhe de maneira frenética, porém, apesar de o dimensionamento prever 2 funcionários nessa função, dificilmente será possível alcançar esse nível de produtividade. Para execução do desmonte secundário também estão associados custos indiretos e alguns procedimentos que não foram contabilizados, tais como mobilização da empresa no momento da detonação, a logística dos explosivos (encomendas e fretes) e riscos associados ao uso deles.

Ao se utilizar o rompedor hidráulico as variáveis são menores, pois tem-se apenas um operador que trabalha de forma ergonomicamente correta em um ambiente salubre podendo trabalhar diversas horas sem intervalos. O custo de aquisição do conjunto do rompedor hidráulico se mostra como o maior empecilho para sua utilização; além disso, o rompedor perde bastante produtividade e se desgasta mais ao tentar romper blocos muito grandes, porém para *oversizes* menores apresenta um desempenho formidável. Pelos resultados dos ensaios realizados pode-se concluir que a produtividade média dos métodos estudados foi, respectivamente, de 7,14 m³/h para o rompedor hidráulico e 5,56 m³/h para o desmonte com cargas internas.

Ao término do trabalho conclui-se que o rompedor é a maneira mais vantajosa de executar o desmonte secundário, entretanto o uso de explosivos é muito mais eficiente e econômico em matacões de grandes dimensões (maior que 2,5 m³). Com o desenvolvimento deste trabalho, confirmou-se a influência da fragmentação na eficiência das operações mineiras subsequentes, sendo que quanto maior o grau de fragmentação menor o custo total de produção, já que assim se elimina a necessidade de desmonte secundário. Outro aspecto importante da economia numa exploração mineira, é que esta não deve ser vista como uma minimização de custo máximo em cada operação, mas sim a economia global de todas as operações, ou seja, o custo total por tonelada no final de todas as operações, uma vez que numa minimização excessiva de custos numa dada operação, pode levar a que os custos aumentem na operação consequente.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, G.E.; OLIVEIRA, B.R.G. Mercados de Agregados no Brasil. In: ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. (editores). **Manual de agregados para Construção Civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2009. p. 03-27.

KOPPE, J.C.; COSTA, J. F. C. L. Operações de Lavra e Pedreiras. In: ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. (editores). **Manual de agregados para Construção Civil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI; 2009. p. 109-128.

RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação – Terraplenagem e escavação de rocha**. 3º edição. São Paulo: Pini, 2007.

STIEHR, J. F.; DEAN, J. L. Surface blasting. In: STIEHR, J. F.; DEAN, J. L. **ISEE Blasters' Handbook**. 18th edition. Ohio, USA: International Society of Explosives Engineers (ISEE), 2014.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 10/08/2020

Raíza da Silva Juvenal

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

Jorge Luiz Valença Mariz

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

Artur Ângelo Alcântara de Assis

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/0583419471123527>

Suelen Silva Rocha

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

Júlio César de Souza

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4295864256992991>

RESUMO: Atualmente, as incertezas quanto ao mercado consumidor são tantas que se questiona a validade desse ou daquele modelo de avaliação econômica. Entretanto, é de vital importância que sejam conhecidos os riscos econômicos e ambientais assumidos na implantação de um determinado empreendimento através da mensuração do potencial de viabilidade. Para tal, na fase preliminar ou de pré-execução de projetos de investimento, o estudo econômico com várias etapas, com nível de detalhamento crescente, acompanhado do respectivo fluxo de caixa atualizado é uma solução interessante. O presente estudo teve por objetivo realizar uma análise acerca do potencial de viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento sustentável de um maciço rochoso localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, estado de Pernambuco. A metodologia consistiu em realizar a avaliação técnica considerando a reserva medida e a vida útil do empreendimento e a avaliação econômica através da técnica do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), utilizando como base para o estudo dados de operações e movimentações financeiras. Determinou-se também, através de formulação matemática com ferramentas e técnicas para resolução do problema, os indicadores de viabilidade tais como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), através da adoção de parâmetros técnicos e econômicos. Obteve-se como resultados uma estimativa de reserva lavrável de cerca de 3.200.000 m³ apontando para uma vida útil de 127 anos, um VPL positivo e uma TIR de 169,22%, além de um curto período

de recuperação do investimento realizado, o que permite concluir pela viabilidade econômica do empreendimento mineiro avaliado.

PALAVRAS-CHAVE: Maciço Rochoso, Viabilidade Econômica, Fluxo de Caixa Descontado, Economia Mineral.

ECONOMIC EVALUATION OF A PROJECT OF AGGREGATES MINING THROUGH THE DISCOUNTED CASH FLOW TECHNIQUE

ABSTRACT: Currently, the uncertainties regarding the consumer market are so many that the validity of this or that model of economic evaluation is questioned. However, it is vitally important that the economic and environmental risks assumed in the implementation of a particular enterprise are known by measuring the viability potential. To do so, in the preliminary or pre-execution phase of investment projects, the multi-step economic study, with increasing level of detail, accompanied by the respective updated cash flow is an interesting solution. The present study had the objective of analyzing the potential of technical and economic feasibility for the sustainable use of a rocky massif located in the municipality of Jaboatão dos Guararapes, state of Pernambuco. The methodology consisted in carrying out the technical evaluation considering the measured reserve and the useful life of the project and the economic evaluation through the Discounted Cash-flow (DCF) technique, using as basis for the study data of operations and financial transactions. The viability indicators such as the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR) were also determined through mathematical formulation with tools and techniques to solve the problem, through the adoption of technical and economic parameters. As a result, a recoverable reserve estimate of around 3,200,000 m³ was estimated, with a useful life of 127 years, a positive NPV and a 169.22% IRR, as well as a short recovery period of the investment, the which allows us to conclude on the economic viability of the mining enterprise evaluated.

KEYWORDS: Rocky Mass, Economic Viability, Discounted Cash Flow, Mineral Economy.

1 | INTRODUÇÃO

O contexto atual da globalização dos mercados consumidores demanda que as empresas constantemente aprimorem suas estratégias competitivas. Na mineração, os gestores discutem os desafios atuais e futuros que os obrigam a conduzir pesquisas que melhorem as práticas de gestão do setor de mineração, em particular aquelas que fomentam a sustentabilidade (ROCHA et al., 2018).

Segundo Valverde (2001), o termo “agregados para a construção civil” é empregado no Brasil para identificar o segmento que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. Para LaSerna e Rezende (2013), a indústria de agregados minerais proporciona insumos para a infraestrutura urbana, industrial e malha viária nacional, de maneira a atender à crescente demanda por espaços urbanizados e localidades com acessibilidade para redes de transporte de bens, informações, energia e água. Em decorrência, seu consumo representa um relevante

indicador do nível socioeconômico de um país, pois o crescimento populacional e o crescimento da quantidade de bens e serviços transacionados num país é um processo que ocorre simultaneamente ao consumo desses minerais.

Por ser o setor da indústria mineral que comporta o maior número de empresas e trabalhadores e o único a existir em todos os estados brasileiros, os agregados para construção civil são bens de baixo valor unitário (LASERNA E REZENDE, 2013). Diante disso, é fundamental efetuar antes da implantação do projeto a avaliação de viabilidade econômica, que tem como objetivos, levando em consideração o conhecimento geológico da jazida e o método de lavra que será utilizado, identificar os investimentos necessários à implantação de um projeto, prever os custos operacionais e administrativos, estimar o faturamento obtido para uma determinada taxa de produção, dentre outros parâmetros.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho consistiu em fazer uma análise de viabilidade técnica e econômica quanto ao aproveitamento sustentável do maciço rochoso para produção agregados da Mineração Megaípe Eireli em Jaboatão dos Guararapes - PE, tomando como base para o estudo as características operacionais e as estimativas de movimentações financeiras. O estudo de caso foi estruturado através de formulação matemática com ferramentas e técnicas para resolução do problema. Parâmetros técnicos e econômicos foram adotados como indicadores de viabilidade, tais como, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), que sinaliza a capacidade de maximização de lucro que a empresa pode alcançar. Além disso, as análises dos dados e informações apontam que os aspectos de projeto e de viabilidade econômica são componentes críticas para o processo de tomada de decisão. Assim, a abordagem foi direcionada para a análise do aproveitamento da eficiência máxima da capacidade das instalações previstas, em relação a um montante de capital investido, que remeta a uma maior margem de lucro, obtida através de uma melhor utilização de recursos naturais e com atrativa rentabilidade.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estudos de Viabilidade de Projetos de Mineração

A determinação da viabilidade técnica e econômica de um projeto de mineração é realizada através de diversas etapas com crescente nível de detalhamento dos estudos. Uma delas, por exemplo, consiste na quantificação e qualificação das reservas minerais. Mudanças no cenário econômico e nas demandas industriais podem influenciar nestes valores, por isso o fator tempo também deve ser considerado. Os recursos e reservas estão interligados pelas análises dos fatores de modificação que influenciam na viabilidade econômica. Recursos indicados podem ser convertidos em reservas indicadas assim como recursos medidos podem ser convertidos em reservas medidas considerando o aumento de informações da exequibilidade econômica, aspectos legais, sociais e técnicos (CURI, 2014).

As etapas sucessivas de reconhecimento de uma jazida colocam em evidência sequências de decisões as quais requerem cada vez uma avaliação específica mais precisa. Os diferentes métodos utilizados se adaptam à necessidade crescente de precisão, desde uma ocorrência ou mineralização (anomalia) até a jazida lavrável. Os dados necessários se tornam cada vez mais numerosos e devem ser mais e mais precisos à medida que a análise se aproxima da decisão final sobre a viabilidade de exploração do depósito (PETTER, SAMPAIO e PETTER FILHO, 2013).

O conjunto de estudos que permite concluir acerca da viabilidade de projetos de mineração pertence à fase denominada atividades de pré-desenvolvimento, a qual compreende desde a identificação do recurso geológico até o projeto executivo. De modo geral, estas atividades evoluem numa sequência de relatórios que se diferem no seu grau de detalhamento e conseqüente aumento na precisão dos resultados propostos ou estimados para a operação do projeto, sendo estas ações necessárias para que o empreendedor possa buscar recursos para a implantação do projeto. Os estágios das atividades de pré-desenvolvimento progridem na sequência de estudos conceitual, de pré-viabilidade e de viabilidade, sendo que a progressão para as duas últimas fases requer a definição de um calendário de produção e uma expectativa de vida útil, embora parte das informações acerca da lavra ainda sejam conjecturas (LEE, 1984; HUSTRULID e KUCHTA, 2013).

Na teoria, seria possível calcular a taxa de extração ótima de determinado corpo mineral a partir do conhecimento ou da inferência de sua massa total e da distribuição de teores (incluindo os efeitos da variação do teor de corte), além de todos os custos e preços de venda dos produtos através da vida útil da mina. Estas informações, entretanto, não estão disponíveis em um estágio incipiente de projeto, tampouco são totalmente elucidadas durante a lavra, podendo eventualmente sequer serem obtidas com precisão até o fechamento da mina (MARIZ e PERONI, 2018).

2.2 Custos de capital (CAPEX) e de operação (OPEX)

Os custos de capital (CAPEX – *Capital Expenditure*) ou de implantação são compreendidos como os investimentos que proporcionam o pleno funcionamento da operação no empreendimento, sendo classificados em custos de implantação fixos (infraestrutura, aquisição ou mobilização de equipamentos etc.) e custos de implantação variáveis (capital de giro) (JUVENAL, 2018). São os custos associados à infraestrutura necessária para a abertura de uma mina – lavra e beneficiamento. Os custos de capital são estimados após a definição da escala de produção, escolhidos os métodos de lavra e beneficiamento.

Segundo Gentry e O'neil (1984), os custos de capital fixo referem-se à quantia necessária para procurar o local, aquisição de equipamentos principais e auxiliares, instalações, e outras despesas associadas com a partida do projeto (*start-up*). Já o capital de giro (*working capital*) representa a quantia além do capital fixo necessário para começar

a operação e saldar obrigações durante a partida do projeto, como estoques dinheiro em caixa etc. Existem vários métodos de estimativa de CAPEX, os quais são escolhidos de acordo com as características e informações disponíveis sobre o projeto. Dentre os métodos citados por Souza Júnior (2012), pode-se destacar o Método da Estimação Detalhada. Para que tal etapa seja realizada é necessário que já se tenham feito as negociações com os fabricantes e distribuidores para a obtenção de informações o mais próximo possível da realidade.

De acordo com Rudenno (2009) os custos operacionais (OPEX – *Operational Expenditure*) são os custos diários na produção e processamento da *commodity mineral*. Esses custos incluem salários, materiais tais como produtos químicos e explosivos, transporte e energia. Para Miranda Júnior (2011), os custos de operação podem ser variáveis (diretos em relação ao produto), quando estão vinculados às operações de produção na mina e processamento; fixos (indiretos em relação ao produto), quando independem da produção, ou seja, são os custos inerentes às operações de suporte ao processo produtivo; e gerais, identificados num nível corporativo da produção.

Dentre as várias maneiras de ponderar o OPEX, pode-se evidenciar o Método do Projeto Semelhante, que tem como base a utilização de dados de projetos similares na estimativa de custos operacionais. Nesse método, admite-se que o projeto ou processo de tratamento objeto de estudo seja semelhante a outro já existente, do qual os custos são conhecidos. Mesmo que uma informação detalhada seja disponível, há circunstâncias e condições, como a configuração geológica local, os equipamentos disponíveis e estratégia da empresa, que acarretam um desvio considerável do projeto em estudo (MIRANDA JÚNIOR, 2011; PETTER, SAMPAIO e PETTER FILHO, 2013).

2.3 Avaliação Econômica

A avaliação econômica de um projeto mineiro constitui um dos três pilares básicos do processo de avaliação (técnico, econômico e socioeconômico). Pode ser entendida como um processo dinâmico e interativo de identificação da viabilidade econômica, que envolve os investimentos (capital) e o processo de tomada de decisão. Por sua vez, as decisões de investimento vêm despertando um interesse crescente em função de suas repercussões e das incertezas envolvidas no contexto atual da globalização da economia. De um modo geral, os recursos para investimentos são sempre limitados, tornando o processo de priorização de oportunidades de investimento cada vez mais complexo para as empresas. Além disso, as incertezas e os riscos obrigam as instituições a dispor de instrumental qualificado para tomar decisões sobre o futuro e criar possibilidades de antecipar-se aos eventos (SUSLICK, 2001).

O resultado operacional quantifica o retorno produtivo pelas decisões de investimento, permitindo que se proceda, com base nos valores apurados, a uma avaliação da atratividade econômica do empreendimento, definindo inclusive o interesse

e as condições de sua continuidade. É possível fazer previsões de investimento e usar valores de estimativas aproximados como um dos indicadores de viabilização de projetos (RUDENO, 2009).

2.3.1 Fluxo de Caixa

A técnica de avaliação por fluxos de caixas captura todos os elementos que afetam o valor da empresa de maneira abrangente, e por constituir-se em uma técnica de natureza econômica, reflete de forma mais consistente o valor da empresa do que o valor obtido a partir de técnicas contábeis, as quais se baseiam e não consideram o investimento exigido para gerar lucro nem o momento em que eles ocorreram. O fluxo de caixa funciona como um instrumento que retrata todas as entradas e saídas do caixa da empresa (receitas e despesas). O resultado mostrado pelo fluxo de caixa é o saldo disponível no caixa da empresa a cada dia, semana e mês. Um fluxo de caixa bem administrado permite que a empresa melhore sua capacidade de geração de recursos, e conseqüentemente, reduz os custos financeiros, pois diminui a necessidade de financiamento dos investimentos em giro. O fluxo de caixa está ligado às atividades da empresa de forma ampla, referindo-se, portanto, às atividades operacionais, financeiras e legais da empresa, tendo impacto não só no capital de giro, mas também na administração de longo prazo (PETTER, SAMPAIO E PETTER FILHO, 2013).

2.3.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Representa o retorno mínimo esperado para um investimento. A TMA é definida levando-se em consideração a fonte de capital (próprio ou através de empréstimos), além da margem de lucro que se espera obter com o investimento. Esse indicador varia conforme a empresa, e pode ser apurada de diversas maneiras. Uma referência geral para a TMA das empresas no Brasil é a taxa SELIC, taxa básica de juros da economia brasileira, pois ela afeta tanto o lado da captação de recursos, quanto das aplicações financeiras (VIEIRA, 2017).

2.3.3 Valor Presente Líquido (VPL)

É um método dinâmico de avaliação econômica, o qual considera o valor do dinheiro no tempo e depende da taxa de juros selecionada (MIRANDA JÚNIOR, 2011). Tendo sido calculados todos os fluxos de caixa e dispostos sob a forma de um cronograma de entradas e saídas anual, não se pode considerar da mesma maneira um fluxo de caixa disponível ao fim do 3º ano e um fluxo de caixa que não será real ao fim do 10º ano. A curva de fluxos de caixa acumulados não deverá ser utilizada sem atualização. A técnica de atualização permite levar em conta o espalhamento ao longo do tempo, considerando simplesmente que uma unidade monetária atual (disponível hoje) é equivalente a pouco mais que uma

unidade monetária que só será disponível dentro de um ano. Matematicamente, o VPL do projeto é a soma dos benefícios menos os custos nos anos 0 a n , ajustados ao presente com uma determinada taxa de desconto i , que ajusta o fluxo de caixa anual ao valor temporal do dinheiro:

$$VPL = (R_0 - C_0) + \frac{(R_1 - C_1)}{(1 + i)^1} + \dots + \frac{(R_n - C_n)}{(1 + i)^n} \quad (1)$$

sendo $(R_0 - C_0)$ o investimento inicial, R_n a receita no ano n , C_n os custos no ano n , e i a taxa de desconto.

O VPL do projeto representa o enriquecimento real em capital que pode ser esperado a partir da realização do investimento, desde que seja adotada uma taxa de atualização i . O enriquecimento somente será real a data n . A atualização não leva em conta a inflação, não é o custo do capital, nem o custo da oportunidade de investimento estudada em relação a outro. A atualização traduz a preferência pelo presente em relação ao futuro. A taxa de atualização que traduz esta preferência depende da arbitragem efetuada pelo agente econômico em função do presente e futuro. Com o VPL de um projeto se dispõe de um meio de comparação entre diferentes projetos: aquele que tem VPL mais alto é o projeto que deve ser escolhido se eles são substituíveis; e deve-se considerar que todo projeto tendo um VPL positivo merece ser realizado, visto que ele é suscetível a gerar lucratividade (PETTER, SAMPAIO E PETTER FILHO, 2013).

No entanto, como os meios de financiamento são geralmente limitados, nem todos os projetos podem ser executados. Classificando-se os projetos através do VPL decrescente é sempre possível de se achar uma taxa de atualização tal que todos os projetos realizáveis e tão somente esses, tenham um VPL positivo. Este fato mostra uma maneira a princípio “racional” de escolher a taxa de atualização (PETTER, SAMPAIO E PETTER FILHO, 2013).

2.3.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Corresponde à taxa de desconto que iguala, em determinado momento, as entradas com as saídas de caixa, ou seja, é a taxa para a qual o VPL do fluxo de caixa é nulo, e esta taxa será atraente se for maior ou igual a zero. A formulação da TIR pode ser representada, supondo a atualização de todos os movimentos de caixa para o momento zero, como:

$$I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1 + k)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + k)^t} \quad (2)$$

sendo I_0 o montante do investimento no momento zero (início do projeto), I_t os montantes previstos de investimento em cada momento subsequente, k a taxa de rentabilidade equivalente periódica (TIR), n a quantidade de períodos, e FC os fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto.

A análise da TIR exige o conhecimento da TMA do investimento para fins de correlação, pois esta é a taxa de juros mínima de retorno esperada que ao se fazer um investimento. Realizando a comparação, depara-se com possíveis cenários:

a) TIR é maior que a TMA ($TIR > TMA$): nesse cenário o projeto gera lucro acima do esperado inicialmente;

b) TIR é igual a TMA ($TIR = TMA$): significa que o projeto atinge sua meta de lucro;

c) TIR é menor que a TMA ($TIR < TMA$): o projeto não consegue atingir as expectativas esperadas de retorno.

Para Miranda Júnior (2011), ao contrário do VPL, o método da TIR permite mensurar a eficiência do uso do capital. Ademais, esta taxa classifica os projetos de mineração de acordo com suas respectivas rentabilidades, sem considerar a magnitude dos projetos. Portanto, quando vários projetos com uma mesma taxa de desconto são analisados, aquele que apresentar a maior TIR será o preferido, dentre as outras oportunidades de investimento.

2.3.5 Ponto de Equilíbrio (PE)

O ponto de equilíbrio (*Break Even Point*) representa a quantidade de produtos produzidos e vendidos ou o nível de atividade da organização para o qual os gastos acumulados (custos + despesas) se igualam às suas receitas. Em outras palavras, o ponto de equilíbrio é útil para calcular o volume de negócios que a organização deve realizar para atingir o equilíbrio, ou seja, não ter lucro nem prejuízo. O volume de negócios no ponto de equilíbrio pode ser calculado tanto em unidades de produtos como em unidades financeiras. Quando as empresas trabalham com mais de um tipo de produto, o que é mais provável que aconteça, o ponto de equilíbrio, quando calculado em unidades de produtos, considera um valor médio de custo e preço de venda para cada unidade (PEINADO E GRAEML, 2007). Matematicamente pode ser definido como:

$$q = \frac{CF}{PVu - CVu} \quad (3)$$

em que q é a quantidade de produtos, CF o custo fixo anual, PVu o preço de venda unitário e CVu o custo variável unitário. Para utilizar a fórmula matemática, deve-se partir do pressuposto que os fatores considerados no cálculo tenham valores e volumes estáveis, porém, isso não ocorre na prática.

2.3.6 Período de Retorno (PR)

O Período de Retorno (*Payback time, pay off*) é definido como o número de anos em que se consegue recuperar o capital investido em um projeto. Trata-se de um método estático, pois não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo (MIRANDA JÚNIOR,

2011). Para contornar este inconveniente, é utilizado o método de Período de Retorno Descontado, que utiliza uma taxa de desconto – geralmente a TMA - em cada um dos fluxos de caixa futuros, isto é, são trazidos para o valor presente. Vieira (2017) define o Período de Retorno pelo método descontado (PR) através da expressão:

$$\sum_{t=0}^t \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} = I \quad (4)$$

onde FC_t é o fluxo de caixa no período t , t é o período analisado, e I é o investimento.

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

O empreendimento mineiro em análise consiste em uma mineração de agregados para construção civil, a Mineração Megaípe Eireli, localizada no bairro da Muribeca, na cidade de Jaboatão dos Guararapes, aproximadamente 26 Km do bairro do Recife. A mineração se encontra a aproximadamente 12 km ao nordeste da cidade do Cabo de Santo Agostinho, e a cerca de 16 km ao sudoeste do centro econômico da cidade de Jaboatão dos Guararapes, com ambos acessos pela via interestadual BR-101.

Baseado na sua localização, a Mineração Megaípe conta com um mercado constante e atrativo, pois se encontra na Região Metropolitana de Recife e próximo a grandes centros urbanos. A proximidade à via interestadual BR-101 é um diferencial na celeridade do escoamento do produto e nos custos reduzidos de frete, sendo um fator fundamental para o sucesso do projeto.

A avaliação econômica do projeto foi efetuada em diversas etapas interligadas. Inicialmente, foi efetuado o cálculo da reserva a partir do levantamento executado pela equipe de topografia contratada para avaliar a área inserida na Poligonal 840.255/2006, quando foram criadas curvas de nível através do *Software Surfer 9*. Posteriormente, foram definidas a escala de produção e a vida útil [equação 5, dada por Souza (2008)] da mina através de um estudo de mercado, associado à capacidade de produção do maquinário que será utilizado no projeto, que já havia sido adquirido e estava sendo utilizado em outras pedreiras. Consoante à escala de produção, foi possível estimar o faturamento anual do empreendimento por intermédio do valor unitário médio da venda dos produtos multiplicado pela produção anual.

$$Vida\ útil = \frac{Reserva\ lavrável}{Escala\ de\ produção} \quad (5)$$

Os custos do empreendimento foram segmentados em: CAPEX, o qual foi estimado através do Método da Estimacão Detalhada, e OPEX, estimado através do Método do Projeto Semelhante, o qual relaciona os custos operacionais com outros projetos de similar magnitude e natureza. Os custos gerais e administrativos foram segmentados em fixos e

variáveis, visando a simplificação da análise. As tributações, contribuições e compensações foram categorizadas como custos variáveis por terem seus valores modificados de acordo com a produção. No projeto não foram utilizados os incentivos fiscais tradicionais, como depreciação, amortização ou exaustão, pois será efetuada a venda dos equipamentos após sua vida útil, sendo efetuada nos cálculos a simultânea compra de novos equipamentos para substituir os vendidos. Em contrapartida, foi contabilizado um incentivo fiscal denominado Programa de Desenvolvimento de Pernambuco (PRODEPE), que incidirá sobre o valor do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviço (ICMS), com abatimento de 75%.

Após a definição das entradas e saídas do empreendimento, foi definido o Valor Presente Líquido (VPL). Esse valor é considerado, geralmente, como o resultado mais sucinto da avaliação econômica, a qual se torna mais completa quando se utilizam simultaneamente outros indicadores de desempenho, como a TIR, o PE, e o PR. Cada indicador leva em consideração, à sua maneira, o faturamento, os custos, a tributação, o período de operação do empreendimento e a taxa de desconto. A TMA utilizada foi a Selic do mês de agosto de 2018 (6,5%) multiplicada por 3 em função dos riscos do empreendimento, resultando em 19,5%. Por se tratar de um empreendimento mineiro, o resultado do cálculo do PE foi obtido em metros cúbicos de material comercializado. Já o *Payback* foi calculado pelo método descontado, o qual considera os fluxos de caixa descontados, contornando o problema de valor do dinheiro no tempo, utilizando a TMA como taxa de desconto.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação das reservas, vida útil e receita operacional

O maciço rochoso possui cerca de 4.702.005,89 m³ de reserva lavrável, conforme estimativas e cálculos elaborados pelo profissional contratado. A priori, o volume total de minério *in situ* que será extraído é de 3.183.124,70 m³, pois o restante está localizado fora da poligonal do processo da Agência Nacional de Mineração (ANM) 840.255/2006; o minério está recoberto por um volume de 199.347,10 m³ de estéril, que será removido nos primeiros anos do empreendimento. A figura 1 exhibe o maciço rochoso que será explorado, onde é possível verificar sua localização em relação à poligonal que está representada em azul (à esquerda) e a vista frontal do maciço (à direita).

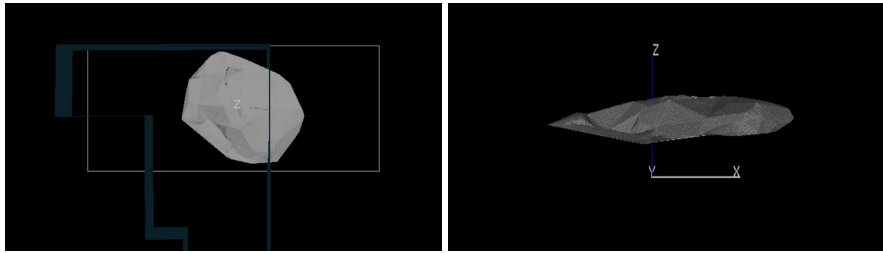


Figura 1 - Localização do maciço rochoso em relação à poligonal (à esquerda) e vista frontal do maciço no sentido norte (à direita)

Fonte: JUVENAL (2018)

Baseado na atual conjuntura do mercado consumidor e na localização do empreendimento, o proprietário estima que sua taxa de produção média será em torno de 25.000 m³/mês. Assim, foi possível estimar a vida útil do empreendimento em 127 anos.

Foi considerado nesta estimativa que, aproximadamente 55% do material seria entregue aos clientes da Zona Norte do Recife e Região Metropolitana através da modalidade *Delivered Duty Paid* (DDP) a um preço de 75 R\$/m³; 25% seria coletado pelos clientes na própria pedreira através da modalidade *Ex Works* (EXW) a um preço de 55 R\$/m³; e os 20% restantes entregue aos clientes na Zona Sul e região através da modalidade DDP a um preço de 60 R\$/m³. O valor de venda médio do produto foi obtido através da média ponderada entre estes três tipos de vendas, que apresentam diversos valores devido ao critério de custo do frete e as localidades estarem situadas a diferentes distâncias do empreendimento. Assim, chegou-se a um preço unitário médio do minério de R\$ 67,00. Devido ao ano de 2018 ser dedicado às atividades pré-operacionais, como mobilização das máquinas e construção da infraestrutura necessária, as atividades operacionais serão inicializadas apenas no último trimestre do referido ano. Em decorrência, a receita bruta estimada para 2018 será de aproximadamente R\$ 5.039.062,50, um quarto da prevista para os 14 anos seguintes, cerca de R\$ 20.156.250,00.

4.2 Determinação dos custos de implantação (CAPEX) e operação (OPEX)

Foram considerados custos de infraestrutura os trabalhos de terraplenagem, construção dos escritórios e oficinas, instalação dos equipamentos de britagem, instalação da rede elétrica, dentre outros. Parte dessa infraestrutura já havia sido efetuada por outra empresa, de modo que os custos foram menores que o habitual, totalizando R\$ 1.372.000,00. Foram considerados também custos com a mobilização e aquisição dos equipamentos de britagem e máquinas móveis. Todos os equipamentos utilizados neste início do projeto já eram utilizados em outros projetos do grupo, razão pela qual foi considerado que a mobilização de equipamentos já depreciados representou 40% do custo de equipamentos

novos, totalizando R\$ 3.354.000,00. Os custos dos equipamentos novos foram estimados a partir de um banco de dados de aquisição de equipamentos de outro projeto do grupo, totalizando R\$ 8.385.000,00.

O capital de giro, que é o investimento necessário para suprir a operação da mina até que haja o primeiro volume de recebimentos, teve seu valor ideal estipulado em R\$ 500.000,00 para o início das operações. Os custos com estudos e projetos envolvem todos os requerimentos e consultorias contratadas antes da operação efetiva da mina; neste caso particular, a poligonal já estava em fase de concessão de lavra e já possuía Licença de Operação, sendo necessário somente comunicar aos órgãos o arrendamento e renovar as licenças das demais entidades (Prefeitura, Bombeiros, IBAMA etc.) em nome da Mineração Megaípe Eireli. Portanto, os custos de projeto podem ser resumidos em aproximadamente R\$ 80.000,00, já constando a assessoria do engenheiro de minas, do projeto de instalações elétricas, dentre outros custos. A tabela 1 apresenta de modo resumido os custos de implantação (CAPEX) do projeto:

Investimentos Iniciais	Custos (R\$)
Infraestrutura	1.372.000,00
Equipamentos	3.354.000,00
Capital de giro	500.000,00
Estudos e projetos	80.000,00
Total	5.306.000,00

Tabela 1 – Custos totais de implantação

Fonte: JUVENAL (2018)

Com relação ao OPEX, tem-se que, visto que as atividades serão inicializadas apenas no último trimestre de 2018, o OPEX desse ano será aproximadamente de um quarto do previsto para cada ano dos 14 anos seguintes. Como custos variáveis foram considerados basicamente os custos com pagamento ao superficiário e com as operações unitárias da lavra e do beneficiamento, como apresentado na tabela 2 a seguir:

Item	Mensal (R\$)	Anual (R\$)
Arrendamento	55.000,00	660.000,00
Custos gerais variáveis	30.330,00	363.960,00
Desmonte de rochas	40.140,63	481.687,58
Perfuração	40.474,81	485.697,70
Carregamento	131.890,78	1.582.689,36
Transporte	31.044,84	372.538,08
Beneficiamento	120.000,71	1.440.008,52
Total	448.881,77	5.386.581,24

Tabela 2 – Custos variáveis

Fonte: JUVENAL (2018)

Foram incluídos ainda os custos com taxas, contribuições e compensações. O ICMS incide sobre 18% do faturamento bruto do empreendimento, embora o incentivo do PRODEPE ofereça o desconto de 75% desta alíquota para a atividade e localização da empresa. A Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e o Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) incidem, respectivamente, sobre 3% e 0,65% do faturamento líquido. Considerando que a Mineração Megaípe Eireli está inserida no regime de lucro presumido, as alíquotas do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) representam 15% e 9% deste, respectivamente, além da presunção de 8% e 12% que, respectivamente, incidem sobre as alíquotas. Por fim, a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) incidente sobre minerações de agregados para uso imediato na construção civil equivale a 1% do faturamento líquido (Juvenal, 2018). A tabela 3 apresenta a descrição destes custos.

Item	Mensal (R\$)	Anual (R\$)
IRPJ	20.156,25	241.875,00
ICMS (com o incentivo PRODEPE)	75.585,94	907.031,25
COFINS	50.390,62	604.687,50
PIS/PASEP	10.917,97	131.015,63
CSLL	18.140,62	217.687,50
CFEM	13.750,00	165.000,00
Total	188.941,41	2.267.296,88

Tabela 3 – Taxas, contribuições e compensações

Fonte: JUVENAL (2018)

Já os custos fixos incluíram os salários dos profissionais e as taxas inerentes a cada função, como insalubridade, periculosidade (quando há), adicional noturno (quando há), Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), férias e décimo terceiro salário, além das refeições e dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), resultando em R\$ 1.588.330,92. Há ainda os custos necessários ao funcionamento pleno de todos os setores que compõem o empreendimento, como internet, telefonia, segurança, sistema administrativo, contabilidade e o pró-labore dos sócios, que juntos equivalem a R\$ 168.000,00 anuais, aproximadamente.

A tabela 4 apresenta o resumo OPEX total discriminado, onde a coluna “Anual Geral” se refere aos anos onde não há venda e aquisição de novos equipamentos. Nos anos onde acontecerá a troca do maquinário, este custo será adicionado aos custos variáveis daquele ano. Foram incluídos ainda os anos 2022, 2025 e 2027, nos quais ocorrerá troca de equipamentos por fim de suas vidas úteis, gerando faturamento e custo operacional variável extra nestes anos.

Custos Operacionais	Anual Geral (R\$)	2022 (R\$)	2025 (R\$)	2027 (R\$)
Variáveis	7.758.053,64	8.598.053,64	10.243.053,64	8.867.553,64
Fixos	1.756.330,92	1.756.330,92	1.756.330,92	1.756.330,92
Total	9.514.384,56	10.354.384,56	11.999.384,56	10.623.884,56

Tabela 4 – Resumo dos custos totais de operação

Fonte: JUVENAL (2018)

4.3 Avaliação Econômica

Foi elaborado um fluxo de caixa de 15 anos para a operação da Pedreira Megaípe Eireli. O fluxo de caixa do ano zero apresenta como resultado R\$ -3.720.739,72, devido ao processo pré-operacional de instalação e estruturação do empreendimento. As receitas e custos relativos à operação neste ano ocorrem somente no último trimestre, período no qual se iniciará a atividade da mina. O saldo esperado para os anos comuns (quando não há vendas nem aquisição de equipamentos) é positivo e equivale a R\$ 6.341.041,11. Nos anos 4, 7, e 8 (2022, 2025 e 2027 respectivamente) haverá saídas maiores devido às trocas de equipamentos, pois o custo de aquisição é substancialmente maior que os valores residuais das vendas, resultando num fluxo de caixa positivo, porém menor que o obtido em anos comuns, equivalendo a R\$ 5.141.041,11, R\$ 2.791.041,11 e R\$ 4.756.041,11 respectivamente. No último ano de funcionamento do empreendimento (ano 14) haverá uma entrada maior que nos demais, totalizando R\$ 6.841.041,11, em consequência das vendas ou desmobilização de todos os equipamentos utilizados. A figura 2 contém uma representação das grandezas de todos os fluxos de caixa do projeto.

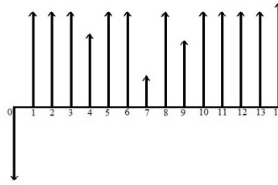


Figura 2 – Representação dos fluxos de caixa do empreendimento

Fonte: JUVENAL (2018)

A TMA considerada foi de 19,5%, como supracitado. Consoante aos valores do fluxo de caixa e à TMA, o VPL do empreendimento será de R\$ 24.006.309,20, o que o classificaria como lucrativo para as variáveis selecionadas. A TIR calculada foi de 169,22%, consideravelmente maior que a TMA utilizada, indicando que o projeto gera lucro acima do esperado. Em decorrência dos custos variáveis oscilarem conforme a venda e aquisição de novos equipamentos, o ponto de equilíbrio variará compativelmente a cada ano, conforme a tabela 5, onde a coluna “Anual Geral” se refere aos anos em que não haverá substituição de maquinário. O PR calculado foi de 20 meses, decorridos desde o início do projeto, levando em consideração o tempo pré-operacional. Em vias práticas, o período de retorno foi de 11 meses após o início da produtividade.

Ano	Anual Geral	2022	2025	2027
Ponto de equilíbrio (m³)	42.701,94	45.809,36	53.448,90	46.910,54

Tabela 5 – Ponto de equilíbrio de vendas nos diferentes anos do projeto

Fonte: JUVENAL (2018)

Diante dos resultados obtidos e considerando os critérios de atratividade econômica de um projeto de mineração, pode-se afirmar que o projeto de exploração do maciço rochoso da Mineração Megaípe Eireli para produção de agregados para a indústria da construção civil é viável técnica e economicamente.

5 | CONCLUSÃO

Para que a análise de viabilidade econômica fosse possível, inicialmente foram obtidos os dados referentes aos recursos geológicos, foi estimada uma taxa de produção em conformidade com a atual conjuntura do mercado de agregados, foram obtidas informações sobre os custos de capital, custos operacionais e custos gerais e administrativos, além

da tributação incidente no faturamento estimado do projeto. A partir desse conjunto de informações foi possível efetuar o fluxo de caixa dos 15 anos iniciais, quando terá fim o contrato de arrendamento, sendo efetuada a seguir a obtenção da TMA, do VPL e da TIR considerando um cenário econômico realista. Ao estipular a TMA de 16,5%, o VPL obtido foi da ordem de R\$ 24.006.309,20, que representa um empreendimento lucrativo, visto que o valor é maior que zero. A TIR obtida foi 169,22%, o que indica que o projeto terá lucratividade acima do esperado pelo fato de a TIR ser substancialmente maior que a TMA.

Entretanto, a análise econômica convencional não vislumbra possíveis variações no projeto ao longo do tempo, não considerando os riscos de o empreendimento atingir os valores previstos ou efetivamente ser rentável. Portanto, uma avaliação econômica probabilística pode elucidar o que a avaliação convencional não considerou.

REFERÊNCIAS

CURI, A. **Minas a Céu Aberto – Planejamento de Lavra**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

GENTRY, D. W.; O'NEIL, T. J. **Mine Investment Analysis**. New York: SME – AIME, 1984. 502 p.

HUSTRULID, W; KUCHTA, M. **Open Pit Mining Planning & Design**. 3° ed. Florida: CRC Press; 2013.

JUVENAL, R. S. **Estudo de viabilidade econômica preliminar de um projeto de mineração de agregados em fase de implantação na Região Metropolitana do Recife-PE**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Engenharia de Minas] – Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

LASERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a Construção Civil**. Brasília: DNPM, 2013. 34 p. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

LEE, T. D. Planning and mine feasibility study – And owners perspective. In: NWMA Short Course 'Mine Feasibility – Concept to Completion', 1984, Spokane, USA. G.E. **Proceedings...** McKelvey (Compiler), 1984.

MARIZ, J. L. V.; PERONI, R. L. Análise da Aderência à Realidade Brasileira dos Métodos de Previsão da Taxa de Produção em Fases Prematuras de Projeto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINAS A CÉU ABERTO E MINAS SUBTERRÂNEAS, 9. 2018, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBMina, 2018. p. 1 - 15.

MIRANDA JÚNIOR, I. S. **Diretrizes Fundamentais para um Estudo de Avaliação Econômica de Empreendimentos de Mineração**: Um Estudo Bibliográfico. 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção**: Operações Industriais e de Serviços. Curitiba: ISBN, 2007. 750 p.

PETTER, C. O.; SAMPAIO, C. H.; PETTER FILHO, E. A. Avaliação econômica de projetos de mineração aplicação da técnica do fluxo de caixa descontado. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa (ENTMME), XXV, 2013 Outubro 20-24, Goiânia-GO, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2013. p. 707-714.

ROCHA, S. S. et al. Análise comparativa de métodos de lavra na mineração de gipsita em Pernambuco. In: Simpósio de Mineração, 19º, 2018 Outubro 6-8, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** São Paulo: Blucher Proceedings, 2018. p. 456-467. ISSN: 2594-357X, doi 10.5151/2594-357X-32029

RUDENNO, V. **The Mining Valuation Handbook: Mining and Energy Valuation for Investors and Management**. 3. ed. Sydney: Wrightbooks, 2009. 539 p.

SUSLICK, S. B. Métodos de Avaliação Econômica. In: YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e Classificação de Reservas Minerais**. São Paulo: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p. 193-226.

VALVERDE, F. M. **Agregados para Construção Civil: Balanço Mineral Brasileiro 2001**. Brasília: DNPM, 2001. 15 p.

VIEIRA, S. J. F. N. A. **Análise de Viabilidade Econômica de um Empreendimento de Água Mineral na Região Metropolitana do Recife**. 2017. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL DE PROJETOS MINEIROS EM FASE INCIPIENTE CONSIDERANDO A REGRA DE TAYLOR E SUA ADERÊNCIA ÀS MINAS BRASILEIRAS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 03/08/2020

Jorge Luiz Valença Mariz

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

Rodrigo de Lemos Peroni

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/6108831343996674>

Carlos Otávio Petter

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/4325479773091272>

Júlio César de Souza

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4295864256992991>

Jorge Dariano Gavronski

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre – RS
<http://lattes.cnpq.br/8874416779051106>

RESUMO: Embora um projeto mineiro em fase inicial apresente diversas incertezas inerentes ao seu caráter prematuro, deve-se avaliar a atratividade do empreendimento e considerá-lo ou não técnica e economicamente viável para decidir levá-lo adiante ou não, sendo necessário estimar a taxa de produção e a vida útil do projeto. Sendo então a maior parte das informações acerca do depósito mineral e da lavra conjecturas, torna-se difícil precisar estes parâmetros almejando a maximização do lucro. Na busca por soluções confiáveis na resolução deste problema, diversos autores propuseram suas equações para definir estes indicadores, embora a mais difundida ainda seja a pioneira, desenvolvida considerando 30 minas americanas em 1977. Este estudo tem como objetivo verificar a aderência da regra de Taylor e de outros estudos semelhantes à realidade das minas em operação no Brasil entre 2010 e 2015, considerando dados obtidos através dos Relatórios Anuais de Lavra (RAL) destes anos. Após a verificação da aderência, foi utilizado o método de Monte Carlo na proposição de novas equações visando à máxima aderência possível aos dados segmentados por substância mineral, método de lavra e/ou porte do empreendimento. Os resultados possibilitaram concluir que a regra de Taylor e as demais já propostas possuem baixa aderência aos projetos em operação no Brasil, motivando a proposição de equações mais aderentes para estimar a vida útil de projetos mineiros incipientes.

PALAVRAS-CHAVE: Mineração no Brasil, Planejamento de lavra, Estudo de viabilidade econômica, Regra de Taylor, Vida útil da mineração.

EQUATIONS FOR ESTIMATING THE LIFETIME OF MINING PROJECTS IN THE INCIPIENT PHASE CONSIDERING TAYLOR'S RULE AND ITS ADHERENCE TO BRAZILIAN MINES

ABSTRACT: Although an early-stage mining project presents several uncertainties inherent in its premature character, it is necessary to evaluate the attractiveness of the enterprise and consider it technically and economically feasible to decide whether to carry it forward or not, and it is necessary to estimate the production rate and the lifetime of the project. Since most of the information about mineral deposit and mining is conjecture, it becomes difficult to indicate these parameters by aiming at maximizing profit. In the search for reliable solutions to solve this problem, several authors have proposed their equations to define these indicators, although the most widespread is still the pioneer, developed considering 30 American mines in 1977. This study aims to verify the adherence of the Taylor's rule and other studies similar to the reality of mines in operation in Brazil between 2010 and 2015, considering data obtained through the Annual Mining Reports (RAL) of these years. After the verification of the adherence, the Monte Carlo method was used to propose new equations aiming the maximum possible adherence to data segmented by mineral substance, mining method and / or size of the project. The results made it possible to conclude that the Taylor's rule and the other proposals have low adherence for projects in operation in Brazil, motivating the proposal of more adherent equations to estimate the lifetime of incipient mining projects.

KEYWORDS: Brazilian mining, Mine planning, Economic feasibility study, Taylor's rule, Mining lifetime.

1 | INTRODUÇÃO

A análise de um projeto mineiro pode ser subdividida em estudo conceitual, estudo preliminar (ou pré-viabilidade) e em estudo de viabilidade (LEE, 1984). As ideias iniciais de um projeto são esboçadas na primeira fase, cuja atratividade que justifique (ou não) maiores investimentos será determinada na segunda; por fim, as bases técnicas e considerações de naturezas técnicas, ambientais, legais e comerciais, são fornecidas na terceira, auxiliando na tomada de decisão de investir ou não o projeto. Os estudos de pré-viabilidade e de viabilidade demandam, desde então, a definição de um calendário de produção, mesmo que a maior parte das informações acerca da lavra ainda sejam conjecturas, o que torna a seleção da taxa de produção que maximize o lucro do projeto uma decisão difícil (HUSTRULID; KUCHTA, 2006).

A obtenção de uma aproximação matemática genérica que estime a vida útil de uma mina e sua escala de produção em uma fase inicial de projeto apresenta diversas limitações, devidas em grande parte às características do depósito e ao método de extração selecionado. Depósitos contendo massas muito elevadas de minério propiciam a previsão de taxas de produção inviáveis, principalmente no início do empreendimento, visto que o modelos generalistas não levam em consideração possíveis ampliações na usina de beneficiamento e assumem uma taxa constante ao longo da vida da mina. Taxas de

produção reduzidas alongam o fluxo de caixa, postergam receitas e sacrificam potenciais lucros, que são reduzidos e atingidos somente após muitos anos de empreendimento. Inversamente, taxas de produção excessivas elevariam os custos de capital a patamares tais que o empreendimento sequer recuperaria o investimento graças à vida útil reduzida, bem como a capacidade produtiva estaria além da absorção do mercado (MARIZ; PERONI, 2018a; MARIZ, 2018).

As características geomorfológicas do depósito são fundamentais na projeção da taxa de produção e da vida útil do empreendimento. Além da seleção do método de lavra sofrer esta influência direta, a geometria, a extensão lateral e em profundidade influem diretamente no espaço disponível para incrementar a capacidade produtiva da mina. É natural que a maioria das geometrias de depósitos possibilitem o incremento na produção, partindo do princípio de que haverá mais frentes de serviços após determinado tempo de lavra; entretanto, deve-se considerar que minas a céu aberto apresentem maior possibilidade de incrementar a produção que as minas operadas através de métodos de lavra subterrânea, indicando que estas duas situações deveriam ser avaliadas separadamente. (MARIZ; PERONI, 2018a; MARIZ, 2018)

A busca por soluções neste âmbito não é recente. Taylor (1977), após analisar 30 minas contemporâneas suas, em operação ou projetos iniciando, cujos tamanhos e geometrias dos corpos minerais eram diversos (excluindo depósitos tabulares), além de reservas totais razoavelmente conhecidas, verificou que a taxa de extração comportava-se proporcionalmente a três quartos da massa do minério, de modo que a vida útil era proporcional à raiz quádrupla da massa. Foi proposto então uma equação da forma $y(x) = a * x^b$, onde $y(x)$ equivale à taxa de produção (toneladas ou toneladas curtas por dia) e x equivale à reserva de minério (milhões de toneladas ou toneladas curtas). Desde então, a equação desenvolvida por Taylor (1977) sofreu diversas revisões, principalmente após o estudo desenvolvido por Camm (1991) com o intuito de obtenção de modelos de custos para aplicar na avaliação de pré-viabilidade de empreendimentos. Houve publicações com o objetivo de revisar a equação inicial para determinados cenários por Singer et al. (1998, 2000), Long e Singer (2001) e Long (2009). A Tabela 1 apresenta as equações obtidas em todos estes estudos, onde C_{st} e C substituem o termo $y(x)$, e onde T_{st} e T representam o termo x da função. A Figura 1 apresenta o comportamento destas equações em um gráfico cujas reservas atingem 100Mt (MARIZ; PERONI, 2018b).

Referência	Equação proposta	Tipos de minas	Nº de minas
Taylor (1977)	$C_{st} = 0,0143 * T_{st}^{0,75}$	Desconhecido	30
Singer et al. (1998)	$C_{st} = 0,4159 * T_{st}^{0,5874}$	Céu aberto (ouro e prata)	41
Singer et al. (2000)	$C_{st} = 0,0248 * T_{st}^{0,704}$	Subterrânea (grandes sulfetos)	28
Long, Singer (2001)	$C_{st} = 0,0236 * T_{st}^{0,74}$	Céu aberto (cobre)	45
Long OP (2009)	$C_{st} = 0,123 * T_{st}^{0,649}$	Céu aberto e block caving	342
Long UG (2009)	$C_{st} = 0,297 * T_{st}^{0,563}$	Subterrânea (- block caving)	197

Tabela 1 - Descrição dos objetos de estudo e das conclusões obtidas por cada autor

Fonte: Mariz e Peroni (2018a)

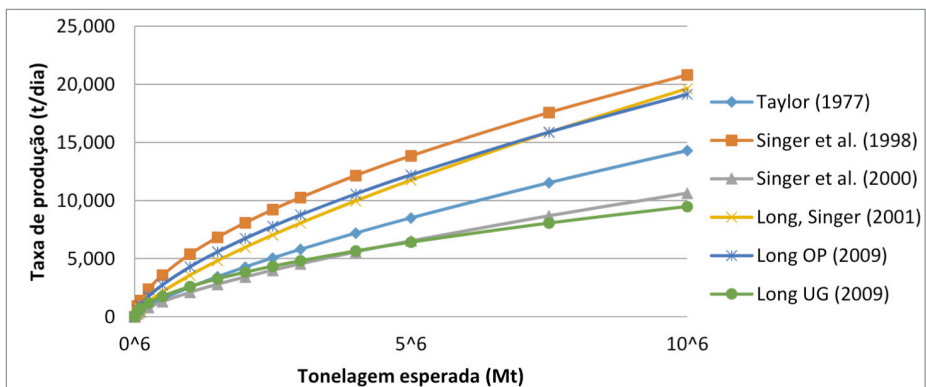


Figura 1 - Taxas de produção obtidas em cada método para depósitos até 100 Mt

Fonte: Mariz e Peroni (2018a)

Cada modificação elaborada na regra de Taylor (1977) ao longo das décadas apresenta determinada confiabilidade e aderência para aplicações em casos semelhantes aos estudados por cada autor em cada contexto, de modo que uma mina com características diversas destas provavelmente não apresentará resultados consistentes para o uso destas metodologias (MARIZ, 2018). A coleta de dados representativos para um determinado contexto é condição fundamental para a representatividade de um estudo. Foi obtido junto à Agência Nacional de Mineração (ANM) um banco de dados contendo registros do Relatório Anual de Lavra (RAL) referente ao período entre 2010 a 2015, sem referência nominal às minas (visto que estes dados são sigilosos) em cada ano-base. Na base de dados constavam elementos como a produção anual (*Run of Mine*, ROM), os recursos medidos, indicados e inferidos, a expectativa da vida útil restante, o método de lavra, o minério lavrado, dentre outras (MARIZ; PERONI, 2018a).

O banco de dados utilizado no estudo possui 53.524 processos minerários, que resultaram em 321.138 dados de produção anual e reservas nos seis anos estudados, sendo cada um destes classificados como eventos, semelhante ao definido por Long em 2009;

assim, a um processo minerário pode-se atribuir vários eventos, caso haja informações de reservas e de produção em anos distintos. Foram efetuadas triagens visando eliminar eventos que poderiam influenciar indevidamente a análise, produzindo viés. Foram excluídos aqueles em que a reserva total não foi informada (163.425 eventos), além dos que possuíam reservas inferiores a 10.000 toneladas (971), provável erro de preenchimento. Aqueles cuja taxa de produção foi declarada no ano base como não informada (98.596) ou nula (22.983, talvez pela paralização do empreendimento) também foram excluídos. Eventos cuja produção anual declarada foi inferior a 100.000 toneladas (28.117) foram descartados, visto que minas de pequeno porte não fazem parte do foco do estudo. Após a seleção dos dados, restaram 7.946 eventos dentro do intervalo de interesse da análise. Dentre estes, ainda havia 1.894 eventos cuja substância mineral não foi indicada nos RALs, restando 6.052 eventos para análise individual por substância. (MARIZ; PERONI, 2018a, 2018b; MARIZ, 2018).

A Tabela 2 apresenta uma classificação dos portes de empreendimentos mineiros conforma a taxa de produção anual, ao passo que a Tabela 3 apresenta o banco de dados subdividido em substância mineral, porte do empreendimento e método de lavra.

Porte das minas	Classe	Maior que (t/ano)	Menor que (t/ano)
Grandes	G2	3.000.000	-----
	G1	1.000.000	3.000.000
	M4	500.000	1.000.000
Médias	M3	300.000	500.000
	M2	150.000	300.000
	M1	100.000	150.000
	P3	50.000	100.000
Pequenas	P2	20.000	50.000
	P1	10.000	20.000

Tabela 2 - Classificação das minas quanto ao porte em função da produção

Fonte: Mariz e Peroni (2018a)

Substância mineral	Minas OP ¹		Minas UG ²		Minas OP e UG		Não informado		Soma
	M	G	M	G	M	G	M	G	
Agalmatolito	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Anatásio	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Ardósia	7	0	0	0	0	0	0	0	7
Areia Industrial	94	11	0	0	0	0	5	0	110
Areia	614	19	0	0	0	0	6	0	639
Argila Refratária	97	1	0	0	0	0	1	0	99
Argilas Comuns	276	7	1	3	0	0	43	7	337
Argilas Plásticas	47	0	0	0	0	0	8	0	55
Barita	1	3	0	0	0	0	0	0	4
Bauxita Metalúrgica	76	26	0	0	0	0	3	0	105
Bauxita Refratária	10	0	0	0	0	0	7	0	17
Bentonita e Argilas Descorantes	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Brita e Cascalho	1941	170	0	0	0	0	1	0	2112
Calcário	625	152	1	0	0	0	5	4	787
Calcita	10	0	0	0	0	0	1	0	11
Carvão Mineral	48	7	7	2	0	0	7	4	75
Cassiterita (Primário)	15	6	0	0	0	0	1	0	22
Cassiterita (Secundário)	25	4	0	0	0	0	0	0	29
Caulim	29	11	0	0	0	0	10	0	50
Cianita e Outros Refratários	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Cobalto	3	7	7	0	0	0	0	0	17
Cobre	8	30	5	0	4	2	0	0	49
Conchas Calcárias	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Criolita	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Crisotila	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Cromo	9	0	0	0	0	0	1	5	15
Dolomito	76	5	0	0	0	0	12	0	93
Enxofre	0	0	0	6	0	0	0	0	6
Feldspato	4	6	0	0	0	0	0	0	10
Ferro	137	232	0	0	0	0	0	0	369
Filito	17	0	0	0	0	0	4	8	29
Fosfato	30	25	0	0	0	0	0	0	55
Gemas (Primária)	0	0	0	0	6	0	0	0	6
Gipsita	70	0	0	0	0	0	0	0	70
Grafita	23	0	0	0	0	0	0	0	23
Ilmenita	2	6	0	0	0	0	0	0	8
Leucita e Nefelina-Sienito	5	0	0	0	0	0	0	0	5

1. OP = Open Pit (Céu aberto)

2. UG = Underground (Subterrâneo)

Magnesita	15	6	0	0	0	0	0	0	21
Manganês	20	16	0	0	1	3	0	6	46
Mozanita	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Níquel	5	23	4	0	3	0	0	0	35
Ornamental (Granito, Gnaisse e afins)	251	15	0	0	0	0	6	0	272
Ornamental (Mármore e afins)	4	5	0	0	0	0	0	0	9
Ouro (Primário)	34	45	12	6	13	0	16	10	136
Ouro (Secundário)	9	3	0	0	0	0	0	0	12
Outras Rochas Ornamentais	1	0	0	0	0	0	11	0	12
Paládio	0	0	0	0	0	0	0	6	6
Pirocloro	4	7	0	0	0	0	0	0	11
Potássio	0	0	0	6	0	0	0	0	6
Prata (Primário)	6	0	6	6	0	0	4	0	22
Quartzito Industrial	12	0	0	0	0	0	2	0	14
Quartzo Cristal	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Quartzo	13	0	0	0	0	0	0	0	13
Saibro	83	6	0	0	0	0	2	0	91
Salgema	0	0	12	0	0	0	0	0	12
Serpentinito Industrial	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Talco	7	6	0	0	0	0	0	0	13
Tântalo (Columbita-Tantalita Primário)	8	0	0	0	0	0	0	0	8
Tungstênio	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Turfa	0	8	0	0	0	0	8	0	16
Urânio	9	0	0	0	0	0	0	0	9
Vanádio	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Vermiculita e Perlita	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Zinco	1	0	5	0	0	0	0	0	6
Zirconio (Óxidos)	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Zirconita (Primária)	2	6	0	0	0	0	0	0	8
Zirconita (Secundária)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Soma	4818	899	60	29	27	5	164	50	6052

Tabela 3 - Eventos subdivididos em substância mineral, porte e método de lavra

Fonte: Mariz (2018)

Como o banco de dados não apresentava informações acerca da mineralogia dos depósitos lavrados, não foram consideradas as equações de Singer et al. (2000) e de Long e Singer (2001), visto que ambos foram elaborados em minérios com particularidades mineralógicas (MARIZ; PERONI, 2018a). A Tabela 4 apresenta os estudos até então

publicados, o número de eventos da base de dados utilizados em cada cenário e a respectiva aderência de cada metodologia.

	Estudo publicado	Eventos	Aderência	%
1	Taylor (1977)	7.946	781	9,83%
2	Singer et al. (1998) (Au, Ag) (OP)	97	9	9,28%
3	Singer et al. (1998) (Au, Ag) (OP + OP e UG)	110	12	10,91%
4	Long (2009) (OP)	7.611	508	6,67%
5	Long (2009) (OP + OP e UG)	7.643	517	6,76%
6	Long (2009) (Au, Cu, Zn, Pb) (OP)	130	36	27,69%
7	Long (2009) (Au, Cu, Zn, Pb) (OP + OP e UG)	149	40	26,85%
8	Long (2009) (UG)	89	18	20,22%
9	Long (2009) (UG + OP e UG)	121	25	20,66%
10	Long (2009) (Au, Cu, Zn, Pb) (UG)	28	4	14,29%
11	Long (2009) (Au, Cu, Zn, Pb) (UG + OP e UG)	47	8	17,02%

Tabela 4 – Aderência dos estudos publicados até então aos dados

Fonte: Mariz, Peroni (2018a)

A maior taxa de convergência obtida dentre estas metodologias foi pouco mais de 25% para somente um subgrupo restrito dos eventos a céu aberto; o subgrupo de eventos subterrâneos atingiu aproximadamente 20% de aderência. As demais equações obtiveram convergência menor de 20% aos dados. É possível concluir que a aderência apresentada pelos estudos publicados não é satisfatória para a realidade brasileira, sendo necessário buscar meios de obter resultados mais consistentes através da proposição de novas equações e/ou novas segmentações do banco de dados (MARIZ; PERONI, 2018a; MARIZ, 2018). Foi implementada então uma metodologia para utilizar simulações de Monte Carlo na obtenção dos coeficientes de novas equações.

O método de Monte Carlo consiste em um conjunto de técnicas matemáticas experimentais que fazem uso de variáveis estocásticas em suas soluções, sendo com frequência aplicados em problemas com variáveis aleatórias ou quando a resolução de determinado problema está além dos recursos disponíveis na matemática teórica. Os problemas a serem solucionados costumam ser probabilísticos ou determinísticos, dependendo se preocupam-se com o comportamento e o resultado dos processos aleatórios ou não; são determinísticos aqueles onde os componentes atuam de forma previsível, como um sistema de equações ou um modelo astronômico, enquanto problemas probabilísticos são baseados na incerteza dos resultados, como o lançamento de um dado ou o crescimento populacional de determinado grupo. No caso probabilístico, o método de

Monte Carlo observa números aleatórios, selecionados de modo que simulem os processos físicos aleatórios do problema original, além de inferir a solução desejada através do comportamento destes números escolhidos. Deve-se levar em consideração que o método de Monte Carlo possui uma incerteza intrínseca fruto da quantidade de observações dos dados aleatórios e, conseqüentemente, da representatividade da amostragem do domínio. Geralmente, quanto maior a geração e observação de dados aleatórios (amostragem), maior a representatividade e menor a possibilidade de haver erros (HAMMERSLEY; HANDSCOMB, 1964).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme supracitado, a regra de Taylor (1977) e os estudos subsequentes têm por base uma equação da forma $y(\mathbf{a}) = \mathbf{a} \cdot \mathbf{x}^b$, onde $y(\mathbf{x})$ representa a taxa de produção, e \mathbf{x} , a massa de minério. A proposição de novos coeficientes \mathbf{a} e \mathbf{b} visando o máximo enquadramento a determinado cenário foi o objetivo buscado neste estudo, onde foi utilizado o *software* Risk Simulator 2017, onde foram realizadas as simulações de Monte Carlo. Foram utilizadas distribuições estatísticas uniformes em todo o trabalho, onde todos os valores de um domínio possuem a mesma probabilidade de seleção em uma simulação aleatória.

Desde Taylor (1977) até a revisão de Long (2009), o coeficiente \mathbf{a} variou entre 0,0143 e 0,4159, e o coeficiente \mathbf{b} , de 0,563 a 0,75. Visando selecionar domínios abrangentes, evitando limitar qualquer possibilidade de incremento até a aderência máxima a cada cenário, foram selecionados limites de 0,01 a 10 para o coeficiente \mathbf{a} e de 0,25 a 1 para o coeficiente \mathbf{b} (MARIZ; PERONI, 2018a).

Visto que as combinações entre os dois coeficientes demandariam milhares de milhões de simulações para cada domínio avaliado, além de ainda assim não haver a garantia de que todo o domínio seria abrangido em função do caráter estocástico, foram consideradas baterias consecutivas de 100.000 simulações, sendo os limites reduzidos em cada nova bateria. Esta operação foi repetida em cada cenário até que não houvesse incremento na aderência ou esta recrudescesse. Em cada nova bateria de simulações, os limites de cada coeficiente diminuíram com base nos seis (valor mínimo, podendo ser maior) melhores resultados da bateria anterior. Desta forma, em no máximo 600.000 simulações foi possível obter a aderência máxima para qualquer cenário deste trabalho, sendo consideradas cinco casas decimais para os coeficiente (MARIZ; PERONI, 2018a).

A aderência máxima obtida em todos os dados reunidos foi de 19,81%, que mesmo sendo muito superior à obtida com Taylor (1977) ou Long (2009), ainda foi considerado insatisfatório. Surgiu então a ideia de somar à equação um terceiro coeficiente, de modo que seu efeito prático seria somente o deslocamento da função no eixo das ordenadas, não comprometendo a simplicidade do método proposto por Taylor (1977). A nova equação

assumiu a forma $y(x) = a * x^b + c$, onde o coeficiente c variou entre 0 e 500. O cenário reunindo todos os dados obteve uma convergência de 21,53% após 500.000 simulações cujo resultado, embora ainda pouco aderente, sinalizou positivamente para o incremento do novo coeficiente na aderência da equação aos dados (MARIZ; PERONI, 2018a).

A Figura 2 apresenta os dados das últimas 100.000 simulações do cenário efetuado com três variáveis, onde estão presentes as distribuições uniformes com seus limites (já bastante restritos) e o histograma cumulativo desta última bateria de simulações considerando todos os dados presentes no estudo.

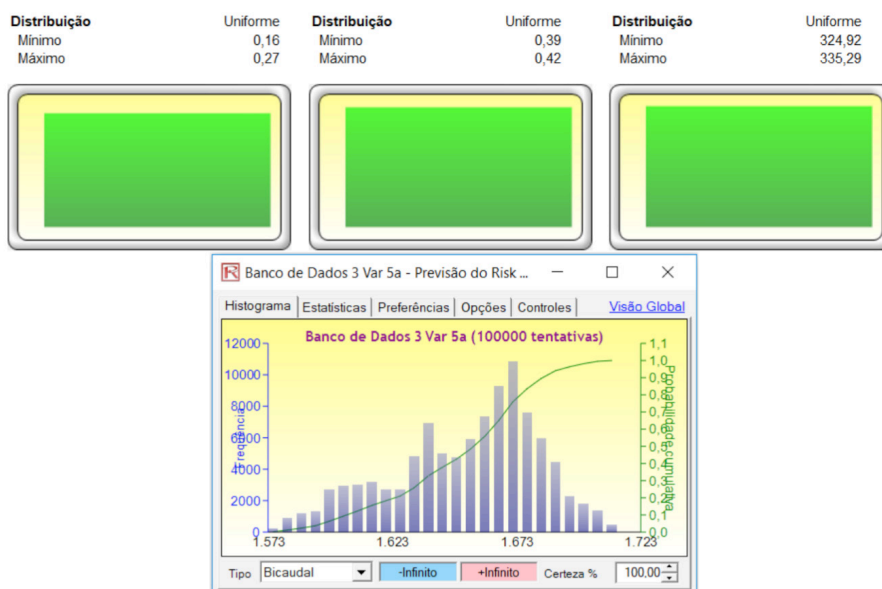


Figura 2 - Limites das distribuições uniformes e histograma das últimas 100.000 simulações do cenário com 3 variáveis

Fonte: Mariz e Peroni (2018a)

Após a consolidação deste roteiro, buscou-se por resultados mais robustos através da segmentação do banco de dados por substância mineral, sendo obtida uma equação ótima para cada substância. Caso houvesse mais de uma equação apresentando a aderência máxima a um determinado cenário, foi selecionada arbitrariamente como ótima aquela com menor coeficiente, estando esta mais próxima do zero no eixo das ordenadas e, assim, mais próxima da forma original proposta por Taylor (1977) (MARIZ; PERONI, 2018a). Visando resultados com aderência ainda maior, Mariz e Peroni (2018b) propuseram uma análise onde a segmentação dos dados considerou simultaneamente a substância mineral, o método de lavra e o porte do empreendimento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mariz e Peroni (2018a) obtiveram em seu estudo equações para as 67 substâncias minerais presentes nos RALs entre 2010 e 2015, cujas mais importantes, seja pelas maiores reservas ou pelas maiores produções anuais, são listadas na Tabela 5. Foram analisados 6.052 eventos nesta seção, visto que 1.894 não apresentavam informação acerca da substância mineral declarada no RAL. Houve a aderência de 1.855, ou 30,65% do subdomínio, atingindo um resultado 300% superior ao obtido através das equações de Taylor (1977) ou Long (2009).

Substância	Total de eventos	Eventos contemplados	Aderência	Coef. A	Coef. B	Coef. C
Anatásio	6	6	100,00%	4,60648	0,49646	0,70342
Areia	639	229	35,84%	0,24556	0,38261	336,30000
Argilas Comuns	337	126	37,39%	0,16420	0,30684	355,91505
Bauxita Metalúrgica	105	34	32,38%	9,35242	0,30453	204,99734
Brita e Cascalho	2112	476	22,54%	0,83027	0,42917	297,81170
Calcário	787	167	21,22%	0,40677	0,48719	73,66004
Cassiterita (Primário)	22	9	40,91%	0,43222	0,54947	27,66004
Cassiterita (Secundário)	29	13	44,83%	1,04642	0,38920	134,62646
Caulim	50	22	44,00%	9,42578	0,25393	160,61393
Cianita e Outros Refratários	6	6	100,00%	5,91708	0,45577	2,22864
Cobre	49	16	32,65%	0,02217	0,74463	20,30153
Dolomito	93	28	30,11%	3,04005	0,32661	105,41135
Ferro	369	76	20,60%	0,02184	0,74319	22,84216
Filito	29	10	34,48%	0,03983	0,70991	158,47558
Fosfato	55	14	25,45%	0,04145	0,67519	342,54380
Ilmenita	8	7	87,50%	0,04681	0,71025	17,80874
Magnesita	21	17	80,95%	0,75363	0,41957	16,92052
Manganês	46	18	39,13%	9,76409	0,37419	148,20936
Níquel	35	17	48,57%	0,04934	0,69976	41,39949
Ornamental (Granito, Gnaisse e afins)	272	73	26,84%	3,65362	0,31524	279,57782
Ouro (Primário)	136	54	39,71%	0,03200	0,73177	95,99154
Paládio	6	6	100,00%	0,08655	0,68038	0,36570
Potássio	6	5	83,33%	1,27268	0,43052	0,47741

Salgema	12	12	100,00%	8,56047	0,25577	0,66417
Zirconita (Primária)	8	6	75,00%	0,17995	0,59434	0,20201

Tabela 5 - Segmentação por substância mineral para as 25 mais importantes

Fonte: Mariz e Peroni (2018a)

Mariz e Peroni (2018b) efetuaram a análise considerando a segmentação simultânea por substância mineral, método de lavra e porte do empreendimento em 5.838 eventos, visto que 1.894 não apresentavam informação acerca da substância mineral e 214 não informavam o método de lavra no RAL. Houve a aderência de 2.026, ou 34,70% do subdomínio, atingindo um resultado superior às metodologias anteriormente propostas e às análises aqui efetuadas até então. As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados e coeficientes para as 25 substâncias principais.

Substância	Total de eventos	Eventos contemplados	Aderência	Coef. A	Coef. B	Coef. C
Anatásio G	6	6	100,00%	4,60648	0,49646	0,70342
Areia G	19	8	42,11%	5,72730	0,37619	0,69246
Areia M	614	227	36,97%	0,20409	0,39347	337,56549
Argilas Comuns G	7	4	57,14%	2,93504	0,41238	0,01132
Argilas Comuns M	276	114	41,30%	0,02047	0,26265	363,69862
Bauxita Metalúrgica G	26	14	53,85%	4,44781	0,47090	1,31242
Bauxita Metalúrgica M	76	32	42,11%	9,19104	0,30819	173,78818
Brita G	170	56	32,94%	6,28845	0,35672	146,69242
Brita M	1941	467	24,06%	6,17738	0,31030	234,00138
Calcário G	152	54	35,53%	9,85163	0,32295	482,10225
Calcário M	625	157	25,12%	0,17313	0,48309	270,42977
Cassiterita (Primária) G	6	4	66,67%	3,36919	0,44615	0,04623
Cassiterita (Primária) M	15	6	40,00%	2,26244	0,35157	0,53576
Cassiterita (Secundária) G	4	3	75,00%	2,53962	0,34567	0,10370
Cassiterita (Secundária) M	25	10	40,00%	9,50892	0,26503	2,66656
Caulim G	11	8	72,73%	0,65112	0,51668	45,09469
Caulim M	29	18	62,07%	9,80034	0,26840	104,50465
Cianita e Outros Minerais Refratários G	6	6	100,00%	5,91708	0,45577	2,22864
Cobre G	30	14	46,67%	0,05008	0,69515	41,83150
Cobre M	8	3	37,50%	1,15280	0,46439	0,63285

Dolomito G	5	5	100,00%	9,26302	0,35865	1,85031
Dolomito M	76	23	30,26%	8,64456	0,27636	250,97282
Ferro G	232	66	28,45%	5,06118	0,40755	207,72935
Ferro M	137	34	24,82%	0,07161	0,47669	279,45602
Filito M	17	8	47,06%	2,21538	0,27716	198,41372
Fosfato G	25	10	40,00%	1,13260	0,49942	39,98047
Fosfato M	30	12	40,00%	3,01303	0,25152	472,94907
Ilmenita G	6	6	100,00%	9,60346	0,42921	0,22641
Ilmenita M	2	2	100,00%	1,32519	0,43065	0,07390
Magnesita G	6	6	100,00%	3,28460	0,34369	0,22676
Magnesita M	15	12	80,00%	0,17466	0,36324	320,68245
Manganês G	16	14	87,50%	6,57898	0,39513	10,96477
Manganês M	20	9	45,00%	5,73152	0,30310	0,25296
Níquel G	23	13	56,52%	0,05894	0,68933	62,14327
Níquel M	5	3	60,00%	0,69769	0,47992	1,64271
Ornamental G (Granito, Gnaíse e afins)	15	7	46,67%	7,05156	0,35612	0,19886
Ornamental M (Granito, Gnaíse e afins)	251	72	28,69%	9,19556	0,26118	407,29648
Ouro (Primário) G	45	19	42,22%	0,01685	0,75727	220,80868
Ouro (Primário) M	34	16	47,06%	0,35743	0,55855	17,10187
Zirconita (Primária) G	6	4	66,67%	4,25624	0,43432	5,43045
Zirconita (Primária) M	2	2	100,00%	2,18676	0,39286	0,07800

Tabela 6 – Segmentação por substância mineral, porte do empreendimento e eventos lavrados a céu aberto para as 25 substâncias minerais mais importantes

Fonte: Mariz e Peroni (2018b)

Substância	Total de eventos	Eventos contemplados	Aderência	Coef. A	Coef. B	Coef. C
Argilas Comuns G	3	3	100,00%	8,74188	0,41386	0,21167
Argilas Comuns M	1	1	100,00%	8,48496	0,38773	0,08247
Calcário M	1	1	100,00%	8,25902	0,37643	0,42412
Cobre G	2	1	50,00%	4,32446	0,40316	0,16506
Cobre M	9	8	88,89%	8,14062	0,32398	1,47556
Manganês G	3	3	100,00%	4,31043	0,42573	0,23997
Manganês M	1	1	100,00%	6,18582	0,35135	0,12757
Níquel M	7	5	71,43%	0,28280	0,57649	5,61742
Ouro (Primário) G	6	6	100,00%	2,99459	0,44065	0,88531

Ouro (Primário) M	25	10	40,00%	5,88552	0,32337	0,84323
Potássio G	6	5	83,33%	1,27268	0,43052	0,47741
Salgema M	12	12	100,00%	8,56047	0,25577	0,66417

Tabela 7 - Segmentação por substância mineral, porte do empreendimento e eventos lavrados através de métodos subterrâneos somados aos eventos lavrados em concomitância através de métodos a céu aberto e subterrâneos para as substâncias minerais mais importantes

Fonte: Mariz e Peroni (2018b)

Em resumo, ao aplicar as soluções presentes na literatura aos dados brasileiro, foi verificado que a aderência atingia menos de 10%, ao passo que a utilização da metodologia de Monte Carlo permitiu encontrar uma equação geral com a aderência de 21,53%. Foi então proposta uma segmentação por substância mineral, onde a menor aderência obtida foi a do minério de ferro (20,60%), mas em muitos casos houve aderência superior a 40%, algumas atingiram até mesmo 100%, quando havia poucos dados a serem modelados. Mariz e Peroni (2018b) efetuaram então uma segmentação simultânea dos dados por substância mineral, método de lavra e porte do empreendimento, cuja aderência mínima obtida nas minas a céu aberto foi da ordem de 24% e a aderência mínima obtida pelas minas subterrâneas adicionadas às operadas através de métodos subterrâneos e a céu aberto foi de 40%; em ambos os casos, a aderência máxima atingiu 100%.

4 | CONCLUSÃO

Embora a dispersão dos dados impeça resultados superiores em determinados casos, os resultados obtidos com o desenvolvimento desta pesquisa ainda apresentam aderência significativamente maior que todos os trabalhos propostos até então. A opção de utilizar as 113 equações segmentadas por substância mineral, método de lavra e porte do empreendimento em detrimento das 67 segmentadas somente por substância mineral, embora apresentem aderência levemente superior, deve ser feita somente quando houver fortes indícios do porte ou do método de lavra do futuro empreendimento, sendo indicadas as equações generalistas no caso contrário.

REFERÊNCIAS

CAMM, T. W.. **Simplified cost models for prefeasibility mineral evaluations**: U.S. Bureau of Mines, Information Circular 9298, 1991. Pp 35.

HAMMERSLEY, J. M.; HANDSCOMB, D. C.. **Monte Carlo Methods**. London: Chapman And Hall, 1964.

HUSTRULID, W.; KUCHTA, M.. **Open Pit Mining Planning & Design**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2006.

LEE, T. D.. **Planning and mine feasibility study – And owners perspective.** In: Proceedings of the 1984 NWMA *Short Course 'Mine Feasibility – Concept to Completion'* (G.E. McKelvey, compiler). Spokane, WA, 1984.

LONG, K. R.; SINGER, D. A.. **A Simplified Economic Filter for Open-Pit Mining and Heap-Leach Recovery of Copper in the United States.** U. S. Geological Survey, Open File Report 01-218, 2001.

LONG, K. R.. **A Test and Re-Estimation of Taylor's Empirical Capacity-Reserve Relationship.** *Natural Resources Research*, [s.l.], v. 18, n. 1, p.57-63, 30 jan. 2009. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11053-009-9088-y>.

MARIZ, J. L. V.. **Análise dos Métodos de Previsão da Taxa de Produção em Fases Prematuras de Projeto e sua aderência à Realidade Brasileira.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2018.

MARIZ, J. L. V.; PERONI, R. L.. **Análise da Aderência à Realidade Brasileira dos Métodos de Previsão da Taxa de Produção em Fases Prematuras de Projeto.** 9º CBMina, Belo Horizonte, MG, 2018a.

MARIZ, J. L. V.; PERONI, R. L.. **Estimativa de taxa de produção em fases prematuras de projeto através de dados segmentados por substância mineral, método de lavra e porte dos empreendimentos.** 4º ABM Week, 19º Simpósio de Mineração, São Paulo, SP, 2018b.

SINGER, D. A., MENZIE, W. D., and LONG, K. R.. **A simplified economic filter for open-pit gold-silver mining in the United States,** U. S. Geological Survey, Open-File Report 98-207, 10 p, 1998.

SINGER, D. A., MENZIE, W. D., and LONG, K. R.. **A simplified economic filter for underground mining of massive sulfide deposits,** U. S. Geological Survey, Open-File Report 00-349, 2000.

TAYLOR, H. K.. **Mine valuation and feasibility studies,** in Hoskins, J. R., and Green, W. R., eds., *Mineral industry costs*, 2nd edn: Spokane, Washington, Northwest Mining Association, p. 1–17, 1977.

TAYLOR, H. K.. **Rates of working of mines - a simple rule of thumb:** *Trans. Institution Mining Metall.*, v. 95, sect. A, p. A203–204, 1986.

CAPÍTULO 9

PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 15/09/2020

Andressa Ilana Soares Galdino

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/0852577066941547>

Jorge Luiz Valença Mariz

Depto. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/9359442968222654>

Suelen Silva Rocha

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

Robson Ribeiro Lima

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/1359820723738659>

RESUMO: O estudo de um projeto envolve, geralmente, três estágios, que são os estudos conceitual, de pré-viabilidade e de viabilidade; entretanto, desde a segunda fase já é necessário que sejam conhecidas algumas características do corpo mineral para que seja vislumbrado, ao menos, os métodos de lavra que podem ser aplicados à extração de determinado depósito mineral, sendo necessário também modelar as possíveis cavas de operação e cavas finais ideais para cada cenário proposto. Este estudo de caso teve como propósito, através de utilização de *softwares* especializados, elaborar o planejamento a longo prazo de uma mina de rochas graníticas que será lavrada a céu aberto através de bancadas múltiplas em encosta, tendo como objetivo a produção de agregados para a construção civil. A metodologia consistiu em obter o modelo da cava final considerando a máxima extração dos recursos inseridos na poligonal de interesse, além de suas respectivas etapas intermediárias, através do *software Datamine Studio 3*, com o auxílio do *software AutoCAD 2013*.

PALAVRAS-CHAVE: Lavra a céu aberto, Planejamento de lavra, Sequenciamento de lavra, Mineração de agregados.

LONG TERM PLANNING OF AN AGGREGATES MINING IN JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE

ABSTRACT: The study of a project usually involves three stages, which are the conceptual, pre-feasibility and feasibility studies; however, since the second phase it is already necessary that some characteristics of the mineral body be

known so that at least the mining methods that can be applied to the extraction of a particular mineral deposit can be glimpsed, it is also necessary to model the possible operation caves and for each proposed scenario. The purpose of this case study was the use of specialized softwares to prepare the long-term planning of a granite rock mine to be built in the open through multi-slope benches, with the purpose of producing aggregates for construction civil. The methodology consisted in obtaining the final cava model considering the maximum extraction of the resources inserted in the polygon of interest, in addition to its respective intermediary stages, through Datamine Studio 3 software, with the help of AutoCAD 2013 software.

KEYWORDS: Open pit mining, Mining planning, Mining scheduling, Aggregates mining.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração tem papel fundamental no desenvolvimento da humanidade desde os tempos pré-históricos, onde os minerais eram utilizados nas mais diversas atividades. À medida que novas tecnologias foram sendo assimiladas, também foram desenvolvidas novas metodologias de exploração dos recursos minerais, chegando-se ao atual cenário em que se tem a informatização de processos que antes requeriam maior tempo e menor confiabilidade. Ainda assim, um desafio global nos próximos anos será o aproveitamento ambientalmente amigoso e atrativo financeiramente dos recursos minerais para atender à demanda crescente da sociedade cada vez mais consumista, sendo um dos setores de maior demanda o de agregados para construção civil. Atualmente, a mineração a céu aberto contribui significativamente na produção de bens minerais (SHISHVAN e SATTARVAND, 2015).

O planejamento de lavra envolve, geralmente, três estágios (LEE, 1984), que são o estudo conceitual, onde as ideias iniciais de um projeto serão esboçadas, o estudo preliminar de pré-viabilidade, onde será determinado se o projeto apresenta atratividade suficiente para justificar um maior investimento e, por fim, o estudo de viabilidade, que fornecerá as bases técnicas e considerações de diversas naturezas, tais como ambientais, legais e comerciais, fornecendo subsídios para a tomada de decisão de levar adiante ou não o projeto (MARIZ, 2018). As duas fases finais do planejamento de lavra já vislumbram, entretanto, a confecção de cavas e o sequenciamento da lavra.

Mineração em bancadas múltiplas é um método de lavra a céu aberto através do qual o depósito é acessado por meio da escavação de uma abertura na superfície, chamada da cava ou *pit*, para exposição do minério. A operação deste método de lavra inicia com uma pequena cava que se desenvolve para cavas maiores que envolvem as anteriores em sequência. Tais sequências de cavas são chamadas de *pushbacks* e desenvolvem-se até que seja alcançada uma configuração de cava chamada cava final (RODRIGUES, 2018).

O sequenciamento da produção ou *scheduling* é uma importante etapa do planejamento de mina, que consiste na determinação das matérias-primas a serem produzidas anualmente ao longo da vida da mina, avalia o valor de operação do

empreendimento, e contribui para a utilização sustentável dos recursos minerais. Determinar um sequenciamento de lavra ótimo é uma tarefa complexa que envolve grandes conjuntos de dados e várias restrições (LAMGHARI, DIMITRAKOPOULOS e FERLAND, 2015).

O setor de agregados, apesar de ter grande expressão no desenvolvimento urbano por oferecer os insumos mais usados na construção civil, apresenta dificuldades com relação à fase inicial de avaliação de recursos minerais por questões como altos custos para realização de levantamentos topográficos convencionais e dificuldade de acesso a ferramentas de informatização, o que dificulta a etapa posterior de planejamento da programação da produção que poderiam tornar seus processos mais eficientes, devido ao seu alto custo de aquisição (CARMO, 2013).

Com relação à gestão dos recursos e reservas minerais, assim como a modelagem das cavas, tal problemática pode ser minimizada através da utilização de ferramentas computacionais tais como o *software Studio 3*, da *Datamine*, que oferece diversas aplicações e fornece os mais variados produtos no planejamento de lavra. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo efetuar a modelagem geológica espacial, através do *software Studio 3* da *Datamine*, de uma jazida de um maciço rochoso no município de Jaboaão dos Guararapes localizado em uma área dotada de poligonal com portaria de lavra, bem como o sequenciamento da lavra desse maciço, sendo por fim definida a cava final considerando os limites da poligonal e também determinada a vida do empreendimento a partir de uma taxa de produção específica condizente com o mercado consumidor.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do empreendimento

A Mineração Megaípe Eireli – ME tem como atividade econômica a extração e beneficiamento de rochas graníticas para aplicação direta na construção civil. Em suas instalações são encontradas o prédio administrativo, a planta de britagem e os acessos/estradas. Apesar de já possuir a Portaria de Lavra, as operações de lavra ainda não foram iniciadas, estando o empreendimento ainda em fase de planejamento. A figura 1 apresenta uma vista da britagem e do acesso à pedreira partindo do maciço rochoso modelado neste estudo.



Figura 1 – Vista da pedraira

Fonte: GALDINO (2018)

O empreendimento mineiro está localizado à Rodovia BR 101 Novo Traçado, S/N, Km 92 Sul, no bairro da Muribeca, no município de Jaboatão Dos Guararapes – PE, nas coordenadas geográficas $8^{\circ}12'11.7''S$ $34^{\circ}59'26.5''W$. Tem proximidade com os municípios de Moreno e Recife, ao norte, do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca ao sul, e de Vitória de Santo Antão a oeste, com acesso a estas cidades através de largo sistema rodoviário (figura 2), sendo a via mais próxima a BR-101.

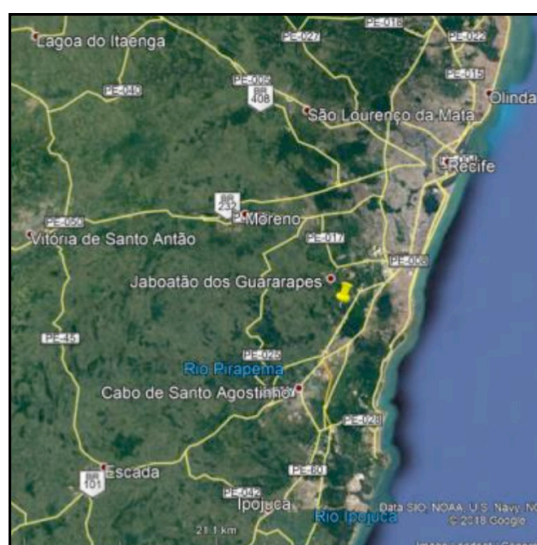


Figura 2 – Rede de estradas de ligação às cidades vizinhas ao empreendimento

Fonte: GOOGLE EARTH (2018)

A Portaria de Lavra aqui estudada consta no Processo da Agência Nacional de Mineração (ANM) 840.255/2006, concedido à empresa Cone S. A. e arrendado pelo prazo de 15 anos para a Mineração Megaípe Eireli, cujas informações podem ser verificadas no cadastro mineiro de livre acesso da ANM. A figura 3 apresenta a representação gráfica do polígono delimitador da área, devidamente georreferenciado, plotada dentre os demais processos ANM.

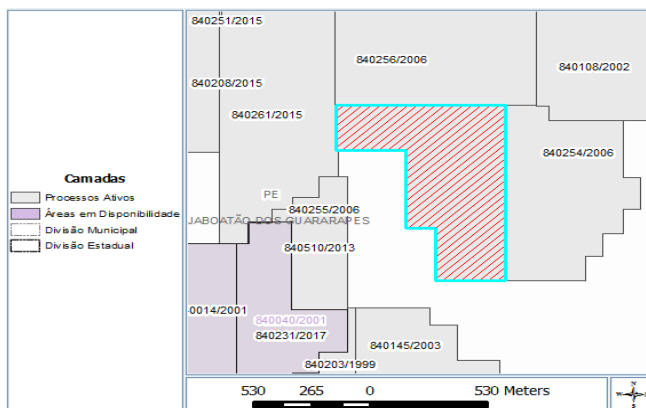


Figura 3 – Representação gráfica do processo ANM 840.255/2006

Fonte: ANM (2018)

2.2 Levantamento da área

O desenho da poligonal foi obtido através da plotagem dos pontos das coordenadas dos vértices no software AutoCAD 2013, sendo antes necessária a conversão das coordenadas geográficas para o sistema de entrada do AutoCAD, o UTM (*Universal Transversa de Mercator*). Após localizar devidamente a área, fez-se necessário efetuar o levantamento topográfico do maciço que seria efetivamente lavrado. Uma equipe terceirizada foi contratada com esta finalidade, tendo efetuado ao longo de uma semana a coleta de coordenadas através do uso de uma estação total e de alvos distribuídos sobre o maciço rochoso.

2.3 Modelagem geométrica da jazida

A simulação computacional foi feita através da compilação dos dados topográficos obtidos, combinando-se os *softwares* AutoCAD versão 2013 e *Studio 3D* da *Datamine*. Neste contexto, o volume da reserva medida de minério foi obtido através da avaliação do modelo geométrico construído e da cava final determinada a partir dos dados coletados, possibilitando desta forma a modelagem espacial do corpo de minério.

Após o trabalho *in loco*, foi fornecido à empresa um arquivo em formato .DWG contendo as curvas de nível deste maciço rochoso, sobre o qual foram efetuados ajustes no software *AutoCad 2013* e exportado para o *Studio 3D* em formato .DXF. Após as alterações, o arquivo .DXF foi carregado no *Datamine Studio 3D* da seguinte forma:

1. Foi aberto o *Studio 3D* > *Create Project* > “Nome do Projeto” > *Finish*;
2. *File* > *Add to Project* > *Imported From Data Source* > *CAD* > *AutoCAD (strings)*;
3. *Data* > *Load* > *Strings* > Selecionou-se nome do arquivo > *Ok*.

A partir das *strings* obtidas foi gerada uma *wireframe* através dos comandos:

1. *Wireframes* > *Interactive DTM Creation* > *Make DTM*;
2. Nomeou-se a *DTM* como “montanha”;
3. O arquivo do tipo *strings* foi selecionado > *Next* > *Finish*.

A partir de então obteve-se a *wireframe* representativa do maciço rochoso em avaliação.

2.4 Determinação da cava final e sequenciamento de lavra

Para delinear a cava, a princípio, foi considerada a posição do maciço em relação aos acessos já existentes, a disposição da planta de britagem e o terreno arrendado. Ao analisar a figura 4, onde está representado um esboço dos componentes do empreendimento, percebeu-se que a cava inicial deve estar situada na região sudoeste da jazida (representado pela cor roxa), local mais próximo da estrada (representada pela cor laranja) que dá acesso à planta de britagem (representado pela cor verde) e está contido nos limites do terreno arrendado (representado pela cor vermelha).

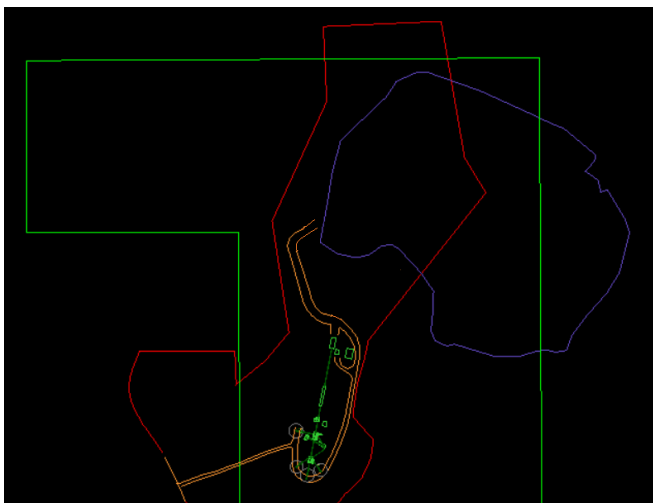


Figura 4 – Esboço dos elementos presentes no empreendimento

Fonte: GALDINO (2018)

Antes de começar o desenho da cava foi necessário determinar os parâmetros geométricos de controle da cava.

O sequenciamento da produção foi projetado para 4 (quatro) *pushbacks*, resultando em 4 (quatro) cavas operacionais, até chegar-se à configuração da cava final. As cavas intermediárias foram determinadas considerando-se situações específicas, tal como descrito a seguir:

- *Pushback 1*: considerou-se o momento inicial em que a mina estará em operação;
- *Pushback 2*: considerou-se o momento intermediário em que a lavra atingirá o limite do terreno arrendado;
- *Pushback 3*: considerou-se que as operações de lavra ocorrerão num terreno que será arrendado no futuro;
- *Pushback 4*: considerou-se o momento em que o minério será exaurido até o limite da poligonal, resultando na cava final.

2.4.1 Determinação do Pushback 1

A cota do pátio da lavra definida foi 65 m. As etapas realizadas foram:

1. *Move Plane* até $z = 65$;
2. *Design > Create Strings Object > New String*;
3. *Smooth String* no contorno para suavizar;
4. Foram afastados os pontos na lateral para desenhar a estrada de acesso através de *Move Points*;
5. *Applications > Open Pit > Set Face Angle > 60*;
6. *Applications > Open Pit > Set Berm Width > 15* (berma de operação);
7. *Applications > Open Pit > Road Segment > Selecionou-se a string da cava > 10 / 10 / 79* (Cota seguinte) > Ok;
8. Selecionou-se o ponto de início da estrada > Clicou-se no ponto para indicar a direção da estrada;
9. Selecionou-se a *string* do contorno da estrada > *Road Contour > 79* > Ok;
10. *Move Plan > 14* (para cota seguinte);
11. Seleciona *string* do contorno > *Applications > Open Pit > Road Berm*;
12. Foram afastados os pontos no acesso da estrada através de *Move Points*;
13. *Applications > Open Pit > Road Segment > Selecionou-se a string da cava > 10 / 10 / 93* (Cota seguinte) > Ok;
14. Foi realizado todo esse processo até chegar na cota 115.

2.4.2 Determinação do Pushback 2

Nesta etapa determinou-se a geometria do *Pushback 2*, seguindo-se as extremidades do terreno arrendado, onde as bermas foram consideradas como finais, e não operacionais, caso não seja possível efetuar um novo arrendamento após o esgotamento da cava do atual terreno arrendado. Esta cava foi construída de cima para baixo, a começar pela cota 115 e seguindo para a 107, depois a 93, e assim por diante, até alcançar a cota 65. Os comandos realizados no *software* Datamine *Studio* foram os mesmos utilizados na construção do *Pushback 1*.

2.4.3 Determinação do Pushback 3

Considerando que o terreno no entorno também foi arrendado, optou-se aqui por seguir com uma cava que apresentasse 3 (três) possibilidades de frentes de lavras: no sentido norte, leste e sul, configurando à mesma uma geometria quadrilátera.

2.4.4 Determinação do Pushback 4

Por fim, tem-se a fase final do projeto, apresentando o avanço total da lavra. Os parâmetros utilizados são os mesmos apresentados na fase anterior, sendo que mais uma vez as bermas são as finais de segurança, e não bermas operacionais.

2.5 Determinação das reservas minerais

O cálculo dos volumes das cavas foi realizado separadamente (1 a 1), seguindo-se os seguintes passos:

1 - Ativou-se a visualização das *wireframes* do maciço rochoso e da cava selecionada clicando na caixa ao lado de cada um dos objetos na barra de controle *Sheets*;

2 - Executou-se o comando *Wireframes | Boolean Operations | Extract Separate*, carregando as *wireframes* da etapa 1;

3 - Do processo anterior foram criados objetos *Extraction*, da qual eram de interesse somente as que representavam a cava e a topografia ao redor dela, sendo todas as outras descartadas;

4 - Foi usado o comando *Data | Object Operations | Combine Objects* para unir os *Extract* da etapa 3, tornando estes uma única *wireframe*.

5 - Executou-se o comando *Models | Evaluate | Wireframe*, com *DTM* como *type* selecionado e este calculou automaticamente o limite superior baseado na *wireframe* carregada.

6 - Um objeto chamado *RESULTS* foi criado e listado na barra de controle *Loaded Data*, contendo o volume de material.

Assim, foram determinadas as reservas minerais disponíveis na área, além de que foi obtido também o volume de material da cobertura do maciço rochoso, que constitui-

se material estéril. De posse dos volumes de minério e estéril presentes na área, foi determinada relação estéril-minério (REM) prevista para a lavra do maciço rochoso através da equação 1 a seguir:

$$REM(t/m^3) = \frac{\text{Volume de estéril}}{\text{Tonelagem de minério}} \quad (1)$$

2.6 Determinação das reservas minerais

O cálculo para a definição da vida útil da mina foi baseado na produção prevista e no valor da reserva mineral medida obtida através do modelo geológico do depósito mineral na área da cava final, considerando uma recuperação de 100% na lavra. Assim, a vida útil da mina foi determinada pela relação exposta na equação 2:

$$\text{Vida útil} = \frac{R_m \times F_t}{P_m} \quad (2)$$

sendo R_m a reserva geológica, F_t a recuperação na lavra e P_m a produção anual de minério.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sequenciamento da produção e determinação da cava final

Na figura 5 tem-se o resultado do carregamento do arquivo proveniente do *software AutoCAD* no *Datamine Studio 3D*, no qual obteve-se a sobreposição da representação do maciço rochoso com o polígono delimitador do processo ANM 840.255/2006.

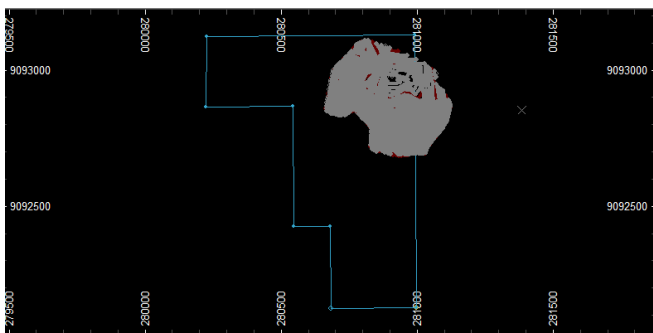


Figura 5 - *Strings* do maciço rochoso e poligonal carregados no *Datamine Studio 3D*

Fonte: GALDINO (2018)

Em seguida foi obtida a *wireframe* representativa do maciço rochoso avaliado, a partir das *strings* construídas. Logo após foram determinados os parâmetros geométricos operacionais (figura 6) para a posterior determinação da cava final da lavra do maciço rochoso, a saber:

- Altura de bancadas de 14 metros porque algumas vezes a perfuração de uma bancada de 15 metros (padrão) extrapola o planejado e as operações de desmonte são prejudicadas, já que os dispositivos não elétricos de coluna apresentam tamanho insuficiente;
- Largura de bancadas (bermas de operação) com 15 m, considerando que seja o espaço suficiente para movimentação de maquinários e as operações de carregamento e transporte ocorram de forma segura;
- Ângulo de face e de parede com 60° de inclinação, definido arbitrariamente, já que o empreendimento não teve acesso a análises geomecânicas do maciço;
- Largura das bermas de segurança de 3 metros;
- Rampas de acesso com 10 metros de largura e 10° de inclinação.

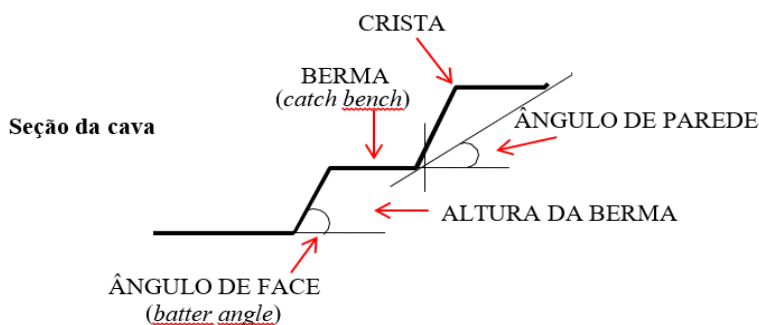


Figura 6 - Seção da cava e seus parâmetros

Fonte: GALDINO (2018)

Definidos os parâmetros operacionais, foram obtidos os *pushbacks* do sequenciamento da produção até a obtenção da cava final.

Na determinação do *pushback* 1 estipulou-se a cota de 65 m para o pátio da lavra, sendo esta aproximadamente a mesma cota onde se encontra o britador primário da mina. As cristas das bancadas de 14 metros situam-se em 79, 93, 107 e 115 metros, pois o maciço tem um total de 117 metros de altura. Nesta fase, a cava 1 (figuras 7 e 8) foi projetada de baixo para cima, a começar da cota 65, com estradas flutuantes (para que a rocha seja

aproveitada de forma eficiente, a conter somente a berma final, sem estradas). Na figura 9 é possível ver uma rampa de acesso e frentes de lavra com bermas de operação medindo 15 metros.

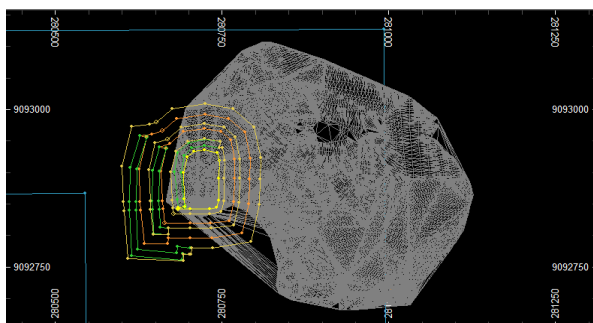


Figura 7 - Construção do *Pushback* 1

Fonte: GALDINO (2018)

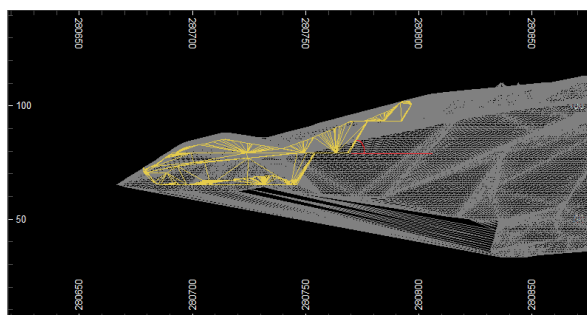


Figura 8 - *Pushback* 1 em vista lateral e indicação do ângulo de talude

Fonte: GALDINO (2018)

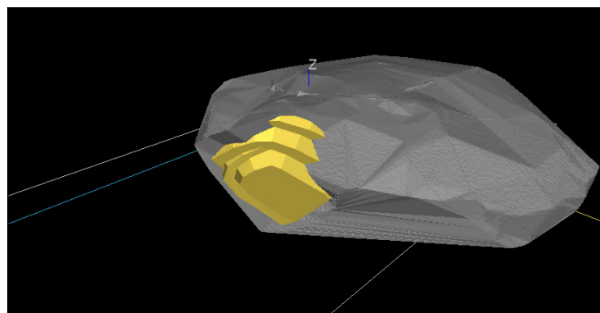


Figura 9 - Rampa para acesso ao *Pushback* 1

Fonte: GALDINO (2018)

O *Pushback 2* (figura 10) foi construído com bermas possuindo 3 m, pois esta é dada como uma mina em estágio final, sem operações, considerando os limites do terreno, caso não seja possível arrendar o terreno vizinho. As estradas seguiram flutuantes por todas as bancadas para que não fossem incorporadas a esta que possivelmente será uma cava final. O desenho da cava foi projetado seguindo-se o formato do terreno, como ilustra a figura 11.

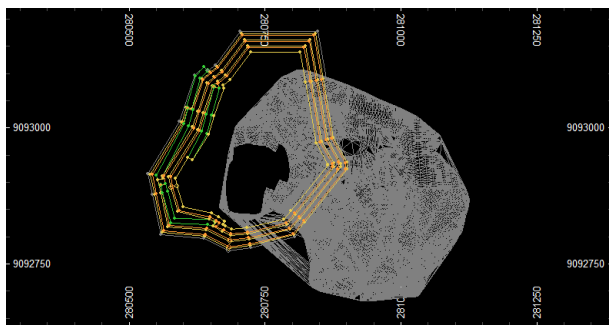


Figura 10 - Construção do *Pushback 2*

Fonte: GALDINO (2018)



Figura 11 – Geometria do *Pushback 2* acompanhando terreno arrendado

Fonte: GALDINO (2018)

O *Pushback 3* foi construído de modo que possibilitasse o avanço das frentes de lavras nos sentidos Norte, Leste e Sul, configurando à cava uma geometria quadrilátera como pode ser visto na figura 12. As rampas de acesso, que se encontram flutuantes, sofreram modificações na inclinação, a fim de fazê-las permanecer na porção esquerda do desenho. Entretanto, uma rampa de operação foi incorporada à cava para que ela aparentasse ser uma cava de operação real. A figura 13 apresenta o resultado do *Pushback 3* em ambiente tridimensional.

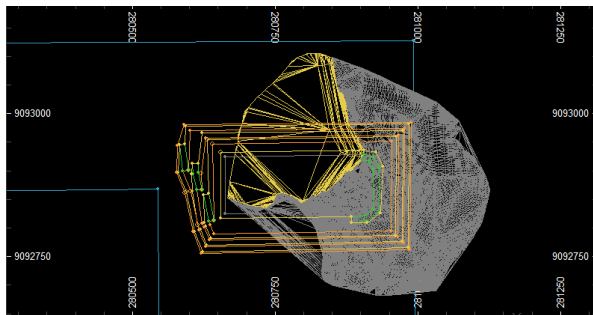


Figura 12 - Construção do *Pushback 3* com 3 frentes de lavra
 Fonte: GALDINO (2018)

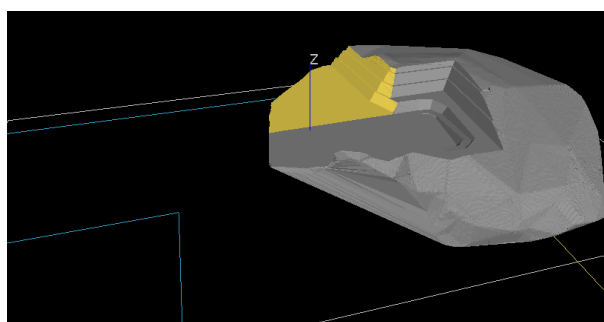


Figura 13 - *Pushback 3* com visualização em 3D
 Fonte: GALDINO (2018)

A cava final teve sua geometria definida pelos limites da poligonal ANM 840.505/2012 abrangendo ao máximo o maciço rochoso, como apresentado nas 14 e 15.

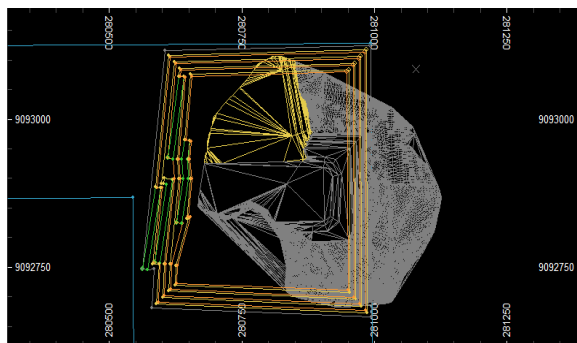


Figura 14 - Construção da cava final
 Fonte: GALDINO (2018)

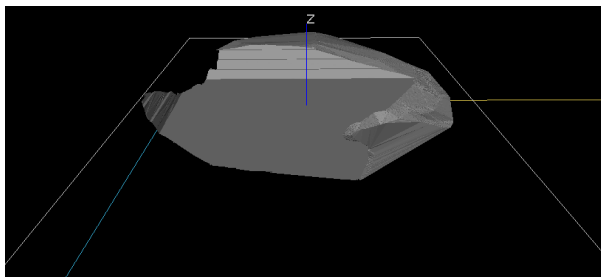


Figura 15 - Visualização da cava final em 3D

Fonte: GALDINO (2018)

3.2 Cubagem do maciço rochoso e determinação da reserva lavrável

Após a determinação das cavas operacionais do sequenciamento da produção, foram definidas a reserva do minério e a quantidade de estéril presentes na área, bem como a tonelagem de minério disponível considerando um granito com densidade de 2,7 t/m³. Os resultados dos volumes contidos encontram-se na tabela 1.

Cava operacional	Volume (m ³) <i>in situ</i>	Tonelagem
<i>Pushback 1</i>	115.753,2 m ³	312.533,64 t
<i>Pushback 2</i>	977.784,3 m ³	2.640.017,61 t
<i>Pushback 3</i>	1.371.209,1 m ³	3.702.264,57 t
<i>Pushback 4</i>	2.141.955,7 m ³	5.783.280,39 t
Total minério	4.606.702,3 m³	12.438.096,21 t

Tabela 1 - Reserva mineral disponível na área

Fonte: GALDINO (2018)

Considerou-se para efeitos de cubagem o valor de 4.606.702,3 m³ *in situ* como reserva lavrável do maciço rochoso, o que corresponde a 12.438.096,21 toneladas. Determinou-se também o volume de material estéril na cobertura existente na área de lavra, o que permitiu determinar a relação estéril/minério para a operação como indicado a seguir, sendo este correspondente a 199.347,10 m³ considerando-se uma camada de material areno-argiloso com espessura de 1,5 m. Assim, a relação estéril/minério (REM) média prevista para a operação de lavra na área será de:

$$REM(t/m^3) = \frac{199.347,10}{12.438.096,21} = 0,02 \text{ m}^3/t$$

A taxa de produção mensal esperada neste momento inicial é de 25.000 m³ de minério empolado, o que equivale à extração de 300.000 m³ empolados por ano; se for considerado 1,5 como fator de empolamento, serão consumidos anualmente 200.000 m³ *in situ*. Assim, a estimativa de vida útil para a jazida em avaliação, considerando uma recuperação de 100% do minério, será de:

$$Vida\ útil = \frac{12.438.096,21 \times 1}{200.000} = 62\ anos$$

4 | CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo efetuar o planejamento da lavra de um maciço rochoso de granito localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, no estado de Pernambuco, destinado à produção de material para agregados do setor de construção civil.

Os dados obtidos através do levantamento topográfico possibilitaram a reprodução tridimensional do maciço rochoso na ferramenta computacional utilizada, o *Datamine Studio 3D* e, portanto, foi possível desenvolver as cavas intermediárias de produção, o desenho da cava final, a indicação da reserva lavrável do depósito mineral e a vida útil da jazida. A reserva lavrável calculada foi estimada em 4.606.702,3 m³, o que equivale à 12.438.096,21 t. Como o volume de material areno-argiloso (estéril) corresponde a 199.347,10 m³, obteve-se 0,02:1 m³/t na REM global. Considerando a produção de 25.000 m³/mês empolados, que correspondem a 200.000 m³/ano *in situ*, foi determinada a vida útil da mina em aproximadamente 62 anos.

Vale salientar que a taxa de produção e a vida útil do empreendimento foram estimadas levando em consideração a atual conjuntura do mercado de agregados para a construção civil na Região Metropolitana do Recife. Como o contrato inicial é de 15 anos, o cenário pode modificar-se por completo, sendo ideal que seja efetuado um estudo de viabilidade econômica considerando diversos cenários de produção e uma análise de risco.

REFERÊNCIAS

CARMO, I. M. **Estudo Comparativo de Ferramentas Computacionais para Modelagem geométrica e Cubagem de Maciços Rochosos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

GALDINO, A. I. S. **Projeto e sequenciamento de lavra do maciço rochoso da Mineração Megaípe**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

GOOGLE EARTH. **Estradas**. 2018.

LAMGHARI, A.; DIMITRAKOPOULOS, R.; FERLAND, J. A. A hybrid method based on linear programming and variable neighborhood descent for scheduling production in open-pit mines. **J Glob Optim**, v. 63, p. 555-582, 2015.

LEE, T. D. **Planning and mine feasibility study – And owners perspective**. In: Proceedings of the 1984 NWMA Short Course 'Mine Feasibility – Concept to Completion'. Spokane, WA, 1984.

MARIZ, J. L. V. **Análise da aderência à realidade brasileira dos métodos de previsão da taxa de produção em fases prematuras de projeto**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

RODRIGUES, H. C. **Análise comparativa dos métodos de lavra Terrace Mining e Strip Mining para mineração de gipsita**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

SHISHVAN, M. S.; SATTARVAND, J. Long term production planning of open pit mines by ant colony optimization. **European Journal of Operational Research**, v. 211, p. 184-197, 2015.

AVALIAÇÃO DO DESMONTE DE ROCHAS COM USO DE EXPLOSIVOS EM UMA MINA DE AGREGADOS ATRAVÉS DE ABORDAGEM SISTÊMICA

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 03/08/2020

Jorge Luiz Valença Mariz

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

Willams Bernardo de Lima Souza

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE

Iury Araújo da Costa Leite

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE

Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9359442968222654>

Marinésio Pinheiro de Lima

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4773319915734878>

RESUMO: Cada operação unitária realizada em minerações demanda acompanhamento contínuo para que a operação conjugada atue de forma ótima, evitando, por exemplo, perdas na produção e o desgaste excessivo dos equipamentos. A adequação da granulometria do produto dos desmontes de rocha ao porte dos equipamentos assegura a redução da ineficiência das operações de carregamento, transporte e britagem primária, visto que todas estas dependem do desmonte. É possível identificar por meio de *softwares* a distribuição granulométrica de pilhas fotografadas, as dimensões média e máxima dos fragmentos, dentre outros parâmetros. Através de análises qualitativas e quantitativas dos resultados obtidos em comparação com as dimensões do britador primário, é possível indicar novos parâmetros para a perfuração e o desmonte de rochas, visando minimizar o tempo de paradas por ineficiência no carregamento e no transporte ou por engaiolamento do britador, otimizando assim a operação global. Este trabalho teve como objetivo avaliar o produto de um desmonte de rochas para que fosse possível propor melhorias na operação, sendo em seguida efetuada nova análise e comparação dos resultados. Foi verificado que a perfuração e o desmonte eram superdimensionados, conseqüentemente era possível utilizar menos recursos nestas etapas sem comprometer a operação global.

PALAVRAS-CHAVE: Desmonte de rochas, Granulometria, Pedreira, Abordagem sistêmica, Otimização.

ROCK BLASTING ASSESSMENT IN A QUARRY MINE THROUGH SISTEMIC APPROACH

ABSTRACT: Each unit operation carried out in mining requires continuous monitoring so that the combined operation works optimally, avoiding, for example, losses in production and excessive wear on equipment. The suitability of the product of the rock blasting granulometry to the size of the equipment ensures the reduction of the inefficiency of the loading, haulage and primary crushing operations, since all of these depend on the blasting. It is possible to identify by means of software the granulometric distribution of the photographed piles, the average and maximum dimensions of the fragments, among other parameters. Through qualitative and quantitative analysis of the results obtained in comparison with the dimensions of the primary crusher, it is possible to indicate new parameters for drilling and rocks blasting, aiming to minimize the stops by inefficiency in loading and haulage or by stucking of the crusher, and thus optimizing the global operation. This work aimed to evaluate the blasting results so that it was possible to propose improvements in the operation, further carrying out a new analysis and comparison of the results. It was found that drilling and blasting were oversized, therefore it was possible to use less resources in these stages without compromising the global operation.

KEYWORDS: Rock blasting, Granulometry, Quarry mine, Systemic approach, Optimization.

1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização (CAPRA, 1982 *apud* MILIOLI, 1999).

A avaliação global de um sistema produtivo como a mineração pode resultar em redução de custos, aumento de produtividade e incremento na qualidade do produto, que dificilmente seriam alcançadas caso o sistema fosse examinado com uma visão fragmentada dos processos (MORAIS, 2004). Quando seus componentes ou subsistemas interagem, tais quais as operações unitárias que compõem a operação global de um empreendimento mineiro, é possível alcançar determinado nível de desempenho por vários caminhos diferentes. Quando definidos o sistema, os subsistemas e as metas, as diversas possibilidades para se alcançar o resultado final almejado podem ser estudadas. Estes estudos, chamados “*trade-off studies*”, indicam como alcançar o resultado final de um sistema da maneira mais econômica (HUSTRULID, 1999 *apud* MORAIS, 2004).

Quando determinado sistema é avaliado, é possível verificar que uma melhoria individual de um dado subsistema pode acarretar na queda dos resultados em outro ponto ao longo da cadeia produtiva. As condições para melhorar uma das etapas do processo de mineração podem não somente atuar negativamente no desempenho de outra etapa, mas prejudicar o resultado global do processo, quando na verdade assegurar a otimização

da operação global deve ser o objetivo de qualquer “*trade-off study*”. (JKMRC, 2000 *apud* MORAIS, 2004).

O papel do desmonte de rochas na cadeia produtiva da mineração deve ser analisado segundo uma abordagem sistêmica, já que o grau de fragmentação afeta diretamente processos subsequentes, como carregamento, transporte, britagem e moagem. A meta buscada deve ser a obtenção de uma fragmentação preestabelecida com um custo mínimo (MORAIS, 2004).

A abordagem sistêmica do desmonte de rochas para incremento nos resultados globais foi subdividida por Morais (2004) como a determinação das propriedades do maciço rochoso, a modelagem e simulação do desempenho de cada etapa, a simulação das condições para alcançar a otimização global, a implementação de uma estratégia para atingir a otimização global, seguida da determinação das propriedades do maciço rochoso em tempo real e medições “*online*” das propriedades do minério ao longo dos vários processos.

Outrossim, a depender da metodologia selecionada para o estudo, é alto o investimento em pesquisa para que se obtenha resultados consistentes, visto que a execução de parte das etapas exigidas são dispendiosas ou mesmo impraticáveis para uma mina de agregados de médio porte, sendo difícil dispor de capital para semelhantes estudos. São exemplos de modelos desenvolvidos para esta finalidade o de Kuz-Ram, que utiliza as equações propostas por Kuznetsov (1973), Cunningham (1983), Lilly (1986), Tidman (1991) e Rosin-Rammner (1933); o modelo de fragmentação JKMRC (JKMRC, 2002); e o Modelo de Fragmentação de Duas Componentes (TCM) desenvolvido por Djordjevic (1999) (SILVA, 2015).

O modelo de duas componentes (TCM) foi elaborado visando garantir maior precisão na previsão da fragmentação obtida no desmonte, principalmente em relação aos finos. Ele indica que o produto do desmonte pode ser interpretado como uma mistura de dois conjuntos de fragmentos de rocha, o primeiro oriundo da porção próxima ao furo, fragmentada segundo uma ruptura compressiva-cisalhante, enquanto o segundo conjunto, tipicamente com granulometria muito maior que o primeiro, é proveniente da rocha mais distante do furo. Estes fragmentos são criados através de ruptura por tração numa zona maior e por abertura e extensão de fraturas preexistentes, de planos de acamamento e de descontinuidades do maciço rochoso (MORAIS, 2004).

A massa de rocha fragmentada devido à ruptura compressiva-cisalhante pode ser representada como a fração F_c da massa total de rocha desmontada por furo, segundo a equação 1, onde M_0 é a massa de rocha fragmentada por compressão/cisalhamento e M representa a massa total desmontada por furo:

$$F_c = \frac{M_0}{M} \quad (1)$$

Conseqüentemente, a fração de rocha que se rompe por tração ao longo das descontinuidades preexistentes é $1 - F_c$. Graças aos diferentes mecanismos de ruptura, cada subconjunto de fragmentos de rochas deve ser representado como uma função distinta de distribuição granulométrica (MORAIS, 2004).

A distribuição proposta por Rosin-Rammler (1933) pode ser descrita conforme as equações 2 e 3, onde P_1 e P_2 são os percentuais passantes na malha de tamanho x para as regiões de ruptura por compressão e tração, respectivamente; c é o tamanho médio de fragmento na primeira região (ruptura por compressão); d representa o coeficiente de uniformidade da primeira distribuição de tamanho de fragmentos; a representa o tamanho médio de fragmento na segunda região (ruptura por tração); b é o coeficiente de uniformidade da segunda distribuição de tamanho de fragmentos (SILVA, 2015).

$$P_1 = 100 * [1 - e^{-0,693 * (\frac{x}{c})^d}] \quad (2)$$

$$P_2 = 100 * [1 - e^{-0,693 * (\frac{x}{a})^b}] \quad (3)$$

O somatório das duas funções de distribuição multiplicadas pelas respectivas frações da massa total representam a distribuição do tamanho de fragmento da massa total da rocha fragmentada, conforme a equação 4 (SILVA, 2015).

$$P = 100 * [1 - (1 - F_c) * e^{-0,693 * (\frac{x}{a})^b} - F_c * e^{-0,693 * (\frac{x}{c})^d}] \quad (4)$$

A aderência do desmonte de rochas às operações unitárias subsequentes é fundamental para assegurar o correto funcionamento da operação global e, assim, minimizar ineficiências, desgaste excessivo dos equipamentos e manutenção corretiva. Entretanto, nem sempre a seleção dos parâmetros de perfuração e desmonte são submetidas a uma análise criteriosa, podendo haver não só o super, mas também o subdimensionamento da razão de carga utilizada. Portanto, dada a conjuntura econômica da empresa estudada, a Pedreira Esperança Ltda, localizada em Vitória de Santo Antão – PE, este estudo propõe que através do método da tentativa e erro sejam paulatinamente obtidas informações acerca das operações de perfuração e desmonte e que sejam propostas e validadas algumas melhorias.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas duas bolas de basquete com 24 centímetros de diâmetro, uma câmera fotográfica modelo Sony Cyber-Shot DSC-W690 e um *notebook* equipado com o *software* Split-Desktop 2.0. Os dados para esta análise foram coletados em duas etapas: (i) aquisição de imagens imediatamente após o desmonte de rochas efetuado na Bancada 2N com malha 1,6 x 3,2 metros, esta efetuada sobre a pilha desmontada; (ii) coleta efetuada

nos perfis da pilha no início de dias aleatórios em que houve operação de carregamento, buscando assim minimizar os efeitos da região de tampão na análise.

É importante efetuar uma avaliação com menor influência na zona de tampão pelo fato de sua fragmentação ser mais grosseira devido à ausência de explosivos, sendo os blocos oriundos desta zona geralmente distribuídos sobre a pilha recém desmontada. Foram coletadas 20 fotografias na primeira etapa e 10 na segunda. Após a coleta, as 30 fotografias foram delineadas manualmente no *software* Split-Desktop 2.0 e submetidas a duas análises conjuntas, onde foram produzidas e sobrepostas duas curvas de distribuição granulométrica acumulada. Os parâmetros obtidos na análise foram utilizados na comparação com as dimensões do britador primário para que fosse possível elaborar sugestões para a detonação seguinte.

Já considerando as conclusões obtidas na primeira análise, visto que foi identificado que havia superdimensionamento do uso de explosivos, foi utilizada imediatamente nova malha de perfuração na Bancada 1N, com geometria 1,8 x 3,4 metros. Quando o desmonte foi executado, teve início a segunda análise, onde foram coletadas 14 fotografias no topo desta pilha e foi efetuado o mesmo procedimento no *software* Split-Desktop 2.0. Após a obtenção da curva de distribuição granulométrica acumulada e dos parâmetros, houve a comparação dos resultados das pilhas dos dois desmontes e foi efetuada nova sugestão de geometria de malha, desta vez ampliada para 1,9 x 3,7 metros.

Os *softwares* que fornecem distribuições granulométricas a partir da análise de fotografias funcionam conforme o modelo de distribuição selecionado (Rosin-Rammler, por exemplo) e a partir do posicionamento e da dimensão das escalas de referência (bolas, hastes, etc.). Há, então, a interpretação de todas as partículas delineadas em cada fotografia, sendo efetuada ainda uma análise estatística para oferecer médias, os quantis P20, P50, P80 e o diâmetro máximo de partícula. A coleta de imagens deve ser executada de modo que as referentes escalas estejam presentes e bem localizadas, conforme a Figura 1 (SOUZA, 2016).



Figura 1 – Disposição das escalas de referências em uma coleta de dados

Fonte: Souza (2016)

Para utilizar o Split-Desktop 2.0, após efetivar a coleta, as imagens devem ser reduzidas a 2240 pixels e delimitadas automática ou manualmente em seguida à indicação das dimensões das escalas de referência utilizadas. A experiência com esta versão do *software* indicou que a delimitação manual era mais precisa, embora o tempo despendido seja considerável, conforme pode ser verificado na Figura 2.

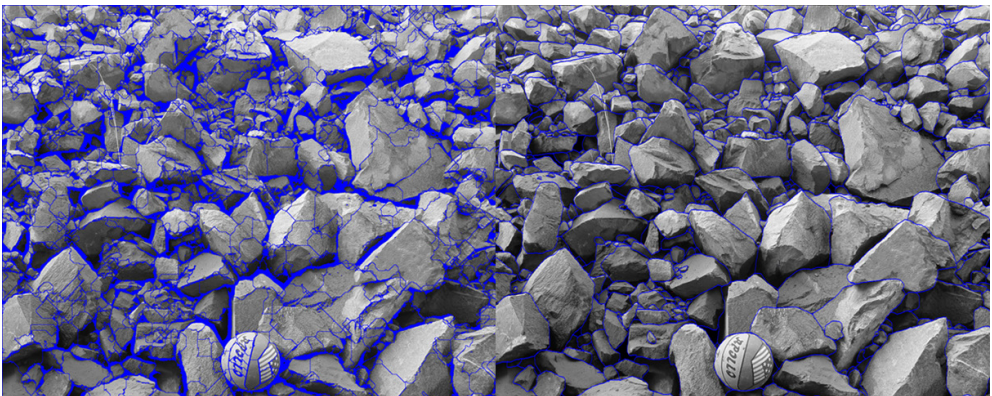


Figura 2 – Delineação automática (a) e manual (b) de uma fotografia

Fonte: Souza (2016)

O *software* permite que o cálculo da distribuição das dimensões das partículas seja efetuada através das metodologias de Gates-Gaudin-Schumann ou Rosin-Rammler que, segundo Ahmed e Ahmed (2008), ambos apresentam resultados consistentes, embora o modelo de Rosin-Rammler apresente melhor aderência à realidade. Há ainda a opção de utilizar um modelo intitulado “melhor aderência”. Foi utilizado, à época, o modelo Gates-Gaudin-Schumann. O software permite também realizar a análise de várias imagens em conjunto e gerar apenas um gráfico, embora a delimitação deva ser efetuada individualmente (SOUZA, 2016).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o resultado do desmonte realizado no dia 05/11/2016 na Bancada 2N. Na etapa de cálculo dos fragmentos foi utilizada a porcentagem de 5% para ajuste dos finos. A Tabela 1 apresenta a análise comparativa entre o P20, P50, P80, e o *top size* dos grãos. A Figura 4, por sua vez, apresenta a distribuição granulométrica acumulada das fotografias da pilha (vermelho) e dos perfis (azul), esta última apresentando frações granulométricas menores que a da pilha.



Figura 3 – Resultado do desmonte executado em 05/11/2016 na Bancada 2N da Pedreira Esperança Ltda

Fonte: Souza (2016)

Parâmetro	Resultado Pilha (mm)	Resultado Perfis (mm)
P ₂₀	102,57 mm	52,60 mm
P ₅₀	255,35 mm	185,06 mm
P ₈₀	537,59 mm	381,98 mm
Top size	1425,00 mm	1089,22 mm

Tabela 1 – Parâmetros P₂₀, P₅₀, P₈₀, e o *top size* dos grãos, obtidos nas duas análises

Fonte: Souza (2016)

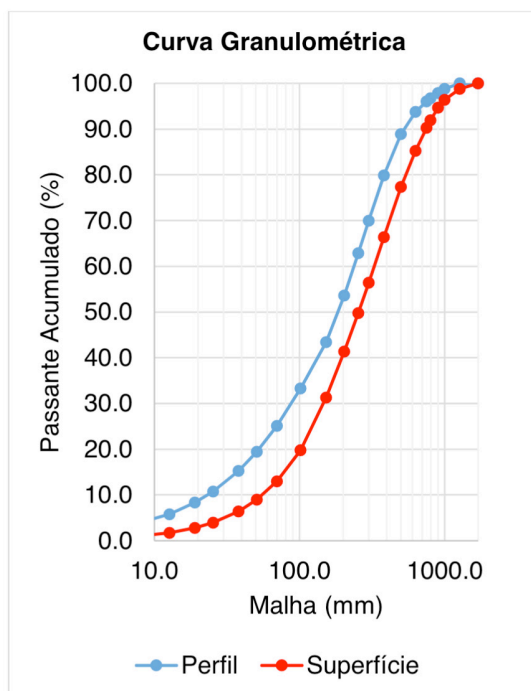


Figura 4 – Comparação entre curvas de distribuição granulométrica acumuladas das fotografias da pilha (vermelho) e dos perfis (azul)

Fonte: Souza (2016)

A Figura 5 apresenta o resultado do desmote executado no dia 10/01/2017 na Bancada 1N. A Tabela 2 apresenta a análise comparativa entre o P₂₀, P₅₀, P₈₀, e o *top size* dos grãos. A Figura 6, por sua vez, apresenta a distribuição granulométrica acumulada das fotografias da pilha do desmote na Bancada 2N, em vermelho, junto às da pilha do desmote na Bancada 1N, em verde, onde é possível perceber que, mesmo com a abertura da malha, o resultado da Bancada 1N apresentou faixas granulométricas menores que o da Bancada 2N.



Figura 5 – Resultado do desmonte executado em 10/01/2017 na Bancada 1N da Pedreira Esperança Ltda

Fonte: Autores (2017)

Parâmetro	Resultado Pilha 2N (mm)	Resultado Pilha 1N (mm)
P₂₀	102,57 mm	90,26 mm
P₅₀	255,35 mm	232,78 mm
P₈₀	537,59 mm	464,53 mm
Top size	1425,00 mm	881,31 mm

Tabela 2 – Parâmetros P20, P50, P80, e o *top size* dos grãos, obtidos na análises das duas bancadas

Fonte: Autores (2017)

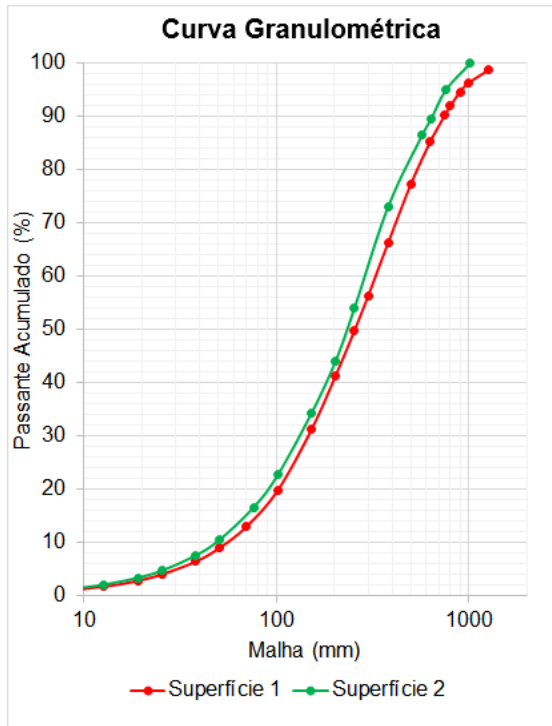


Figura 6 – Comparação entre curvas de distribuição granulométrica acumuladas das fotografias das pilhas da Bancada 2F (vermelho) e da Bancada 1F (verde)

Fonte: Autores (2017)

O britador de mandíbulas que recebia o minério oriundo da cava, na época da elaboração das análises, era um Zenith PE 1050 x 750, cuja largura da entrada equivale a 750 mm, conforme Figura 7.



Figura 7 – Britador de mandíbulas Zenith PE 1050 x 750, cuja largura da entrada equivale a 750 mm

Fonte: Autores (2017)

O manual do britador de mandíbulas indica que a dimensão máxima da partícula que deve alimentá-lo é de 84% da menor dimensão da entrada (750 mm), ou seja, 630 mm. Ao avaliar as curvas granulométricas do desmonte da Bancada 2N é possível identificar que, na análise do topo da pilha, 90,3% das partículas possuíam dimensão máxima de 750 mm e 85,3% das partículas eram menores que 630 mm. Contudo, quando a análise foi efetuada nos perfis, chegou-se à proporção de 96,1% e 93,8% das partículas, respectivamente. Dentre as 10 imagens do interior da pilha obtida através de corte com a escavadeira, somente 3 possuem partículas acima de 750 mm, ao passo que das 20 imagens da superfície, 15 possuem partículas acima de 750 mm. É notável que a superfície da pilha possui fragmentos significativamente mais grosseiros que o interior da pilha, resultado da baixa fragmentação na região de tampão.

Quando considerado que o material que vai ser efetivamente carregado e transportado para a usina é o verificado nos perfis, aproximadamente 94% dos fragmentos é passante no britador e 80% dos fragmentos são passantes em 381,98 mm, o que indica o superdimensionamento do plano de fogo. Portanto, a Tabela 3 apresenta a sugestão feita à época, onde deveriam ser ampliados os espaçamento e afastamento, devendo a razão de carga ser diminuída de 0,98 a 0,83 Kg/m³.

Parâmetro	Pilha 1	Sugestão
Espaçamento (m)	3,2	3,4
Afastamento (m)	1,6	1,8
Diâmetro do furo (")	3	3
Quantidade de furos	137	115
Altura média dos furos (m)	17,59	17,59
Altura média dos tampões (m)	1,57	1,32
Carga média por furo (Kg)	88,11	89,48
Volume de rocha desmontado (in situ) (m ³)	12338,33	12379,75
Área superficial de rocha por furo (m ²)	5,12	6,12
Volume de rocha por furo (m ³)	90,06	107,65
Razão de carga média (kg/m ³)	0,98	0,83

Tabela 3 – Plano de fogo utilizado na Bancada 2N e plano proposto após análise

Fonte: Souza (2016)

Considerando que havia um superdimensionamento do desmonte, foi proposto já no desmonte seguinte, na Bancada 1N, que a malha de perfuração fosse expandida. Após o desmonte, foram coletadas fotografias somente da pilha, mas quando sobreposta com a distribuição passante acumulada da pilha do desmonte anterior, foi verificado que o resultado era ainda melhor que o da Bancada 2N, mesmo com a malha expandida. Este resultado dá-se provavelmente pelo fato de a altura da bancada 2N ser maior que a da 1N, de modo que a perda de carga e velocidade de detonação no explosivo presente nos furos reduz a capacidade de fragmentar o maciço rochoso. Entretanto, ficou claro que nesta bancada a malha poderia novamente ser expandida, mesmo que não tenha sido efetuada a análise dos perfis, visto que o resultado foi ainda melhor que o já superdimensionado na Bancada 2N. A Tabela 4 apresenta o plano de fogo utilizado na Bancada 1N e uma proposta para o próximo, onde a razão de carga deveria ser reduzida de 0,78 a 0,72 Kg/m³.

Parâmetro	Pilha 2	Sugestão
Espaçamento (m)	3,4	3,7
Afastamento (m)	1,8	1,9
Diâmetro do furo (")	3	3
Quantidade de furos	155	56
Altura média dos furos (m)	13,95	13,76
Altura média dos tampões (m)	1,55	1,25
Carga média por furo (Kg)	66,36	70,04
Volume de rocha desmontado (in situ) (m ³)	13237,56	5415,209

Área superficial de rocha por furo (m ²)	6,12	7,03
Volume de rocha por furo (m ³)	85,40	96,70016
Razão de carga média (kg/m ³)	0,78	0,72

Tabela 4 – Plano de fogo utilizado na Bancada 1N e plano proposto após análise

Fonte: Autores (2019)

4 | CONCLUSÃO

Considerando os princípios da abordagem sistêmica, a perfuração e o desmonte de rochas devem ser dimensionados de modo a considerar as operações unitárias subsequentes, principalmente a britagem primária, que recebe o material carregado e transportado. Portanto, foi proposta uma metodologia de tentativa e erro, devido à conjuntura econômica do empreendimento, onde foram efetuadas coletas e análises de fotografias das pilhas desmontadas.

A análise das imagens da Bancada 2N permitiu concluir que os fragmentos dos perfis criados pela escavadeira apresentam dimensões significativamente inferiores que os da pilha vista de cima, sendo a zona de tampão a razão desta discrepância. Foi possível identificar na análise do topo da pilha que 90,3% e 85,3% das partículas, respectivamente, possuíam dimensão máxima inferior a 750 mm e 630 mm. Por sua vez, a análise dos perfis indicou que 96,1% e 93,8% das partículas, respectivamente, apresentaram dimensão máxima inferior a 750 e 630 mm. Este resultado motivou a expansão da malha de 1,6 x 3,2 metros para 1,8 x 3,4 metros, com consequente redução de razão de carga de 0,98 a 0,83 Kg/m³.

Logo foi proposto que a Bancada 1N fosse perfurada com a nova malha. Não houve análise dos perfis, mas foi verificado que os fragmentos da pilha desmontada apresentaram fragmentos ainda menores que os da Bancada 2N, mesmo com uma malha mais larga, sendo o provável motivo a diferença entre as alturas das bancadas, que proporciona na 2N uma perda de carga e redução da velocidade de detonação do explosivo, reduzindo assim sua efetividade. Portanto, foi proposto que a nova perfuração executada nesta bancada fosse expandida da malha de 1,8 x 3,4 metros para 1,9 x 3,7 metros, com consequente redução de razão de carga de 0,78 a 0,72 Kg/m³.

Embora não tenha havido a continuidade formal do estudo, a malha que era utilizada na empresa foi expandida de 1,6 x 3,2 metros para 2,0 x 4,0 metros, sendo esta utilizada ainda hoje, onde a razão de carga média foi reduzida de 1,0 kg/m³ para 0,6 kg/m³. Esta modificação proporcionou economia de combustível, material de desgaste na perfuração, explosivos e acessórios, sem que houvesse o comprometimento da operação global, visto que a maior parcela dos fragmentos produzidos nos desmontes ainda é passante no britador primário, de modo que pode-se considerar que o estudo atingiu seu objetivo.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. M.; AHMED, S. S. **A comparison study to determine the mean of particle size distribution for truthful characterization of environmental data** - Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 36, No. 1, 2008. pp. 147- 166.

CUNNINGHAM, C.V.B. **Fragmentation Estimations and The Kuz-Ram Model – Four Years On**. In Proceedings 2nd Int. Symp on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, 1987. p. 475 – 487.

DJORDJEVIC, N. **A two-component model of blast fragmentation**. In: The AusIMM Proceedings, Austrália: Brisbane, 1999, p. 9-13.

HUSTRULID, W. **Blasting Principles for Open Pit Mining**. Vol 1. Rotterdam: Balkema, 1999. 301p.

JKMRC. **Mine-to-Mill: Increasing Mine-Site Profitability Through Optimisation of Mining and Processing Operations**, 2002. 7p.

KUZNETSOV, V.M. **The mean diameter of the fragments formed by blasting rock**. Soviet Mining Science, 1973. p. 144-148.

LILLY, P.A. **An empirical method of assessing rock massing blastability**. Large Open Pit Mining Conference, the AusIMM/IE Aust Newman Comnined Group, Austrália: 1986. p. 89-92.

MILIOLI, Geraldo. **Abordagem ecossistêmica para a mineração: uma perspectiva comparativa para Brasil e Canadá**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Engenharia de Produção. Florianópolis, 1999.

MORAIS, J. L. **Simulação da fragmentação dos desmontes de rocha por explosivos**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Engenharia Metalúrgica e de Minas. Belo Horizonte, 2004.

ROSIN, P.; RAMMLER, E. **Laws governing the fineness of powdered coal**, Inst. Coal, V. 7, 1933. pp 29-36.

SILVA, A. C. S. **Simulação e análise da fragmentação do desmonte de rochas na Pedreira Herval – Barreiros – PE**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Engenharia de Minas. Recife, 2015.

SOUZA, W. B. L. **Análise do desmonte de rochas realizado na Pedreira Esperança – Vitória de Santo Antão-PE**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Engenharia de Minas. Recife, 2016.

TIDMAN J. P. **Target for blast fragmentation models**. In: International Society of Explosives Engineers. Proceedings of 7th Annual Symposium of Explosives and Blasting Research; ISEE. Las Vegas, Nevada, 1991. p. 159-166.

COMPARAÇÃO DE COORDENADAS DE PONTOS LEVANTADOS POR METODOS TOPOGRÁFICO E GEODÉSICOS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 27/08/2020

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Civil, Maringá,
Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6855037100673661>

Adriano Antonio Tronco

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Civil, Maringá,
Paraná
<http://lattes.cnpq.br/9430645797893147>

Bianca Ferraz

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Civil, Maringá,
Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7902135279722044>

Pedro Lonnie Inácio Salvador

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Civil, Maringá,
Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-5434-5261>

Roney Berti de Oliveira

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Civil, Maringá,
Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3630830488358210>

Marcelo Luis Chicati

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Civil, Maringá,
Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6438377493173223>

RESUMO: Muitos são os equipamentos e métodos que permitem a determinação de pontos coordenados referidos a um sistema de referência geodésico que permitem o posicionamento de feições da superfície topográfica. Alguns permitem precisão na ordem de milímetros ou centímetros, enquanto outros permitem precisão na ordem alguns metros. Este artigo empregou diferentes métodos de posicionamento para determinar as coordenadas de seis pontos distintos, localizados na Universidade Estadual de Maringá. Os métodos utilizados foram: poligonal enquadrada com uso de Estação Total, métodos com equipamento GNSS (Sistemas Globais de Navegação por Satélite) geodésicos: relativo estático rápido, RTK, PPP e GNSS de navegação. Para cada um destes métodos, foram obtidas as coordenadas de latitude, longitude e altitude do ponto, e, em seguida, os resultados obtidos foram comparados. Na maioria dos pontos, os diferentes levantamentos não apresentaram grandes diferenças nas coordenadas planimétricas, não ultrapassando 8 centímetros, as coordenadas altimétricas obtiveram maiores diferenças, contudo não ultrapassaram a 25cm. Houve uma exceção em um dos pontos quando da realização do método diferencial por RTK, observou-se que não houve a fixação das ambiguidades devido à presença de vegetação arbustiva no local, que causaram interferência. No geral, foi possível concluir que, atualmente, trabalhos de posicionamento geodésico podem ser realizados por diferentes métodos, cabendo ao usuário avaliar as opções e escolher qual método será o mais adequado para atingir seu objetivo.

PALAVRAS-CHAVE: Posicionamento geodésico, GNSS, Topografia.

COMPARISON OF COORDINATES OF POINTS RAISED BY TOPOGRAPHIC AND GEODESIC METHODS

ABSTRACT: There are many equipments and methods that allow the determination of coordinated points referred to a geodetic reference system that allow the positioning of features on the topographic surface. Some allow precision in the order of millimeters or centimeters, while others allow precision in the order of a few meters. This article used different positioning methods to determine the coordinates of six different points, located at the State University of Maringá. The methods used were: framed polygonal using Total Station, methods with geodesic GNSS (Global Navigation Satellite System) equipment: relative static fast, RTK, PPP and GNSS navigation. For each of these methods, the latitude, longitude and altitude coordinates of the point were obtained, and then the results obtained were compared. In most points, the different surveys did not show great differences in the planimetric coordinates, not exceeding 8 centimeters, the altimetric coordinates obtained greater differences, however they did not exceed 25 cm. There was an exception in one of the points when performing the differential method by RTK; it was observed that there was no setting of ambiguities due to the presence of shrub vegetation in the site, which caused interference. In general, it was possible to conclude that, currently, geodetic positioning works can be carried out by different methods, allowing the users to evaluate the options and choose which method will be the most adequate to reach their objective.

KEYWORDS: Geodetic positioning, GNSS, Topography.

1 | INTRODUÇÃO

O homem sempre teve interesse em saber determinar sua localização na Terra, e, com o desenvolvimento da navegação marítima, mais do que nunca este interesse se tornou uma necessidade, para saber ir e voltar de um local a outro com segurança, bem como garantir o direito à propriedade de terras por meio do posicionamento de seus limites territoriais. Segundo Monico (2008), “posicionar um objeto nada mais é do que atribuir-lhe coordenadas”.

Muitos são os métodos e equipamentos que permitem a determinação do posicionamento de pontos no espaço geográfico, dentre eles o método de levantamento por poligonação com uso de Estação Total e os métodos de posicionamento por satélite com uso de equipamentos GNSS.

Cada método possui suas particularidades em função da funcionalidade, agilidade e principalmente a precisão que pode ser alcançada. Independente dos equipamentos e métodos, entende-se que todos embutem nos dados levantados, erros. Tais erros podem ser tratados e minimizados, mas não são eliminados. Entender quais equipamentos e métodos podem gerar dados que possuam desvio padrão posicional inferior as diferentes tolerâncias definidas pelas diferentes finalidades dos levantamentos é imprescindível para

a definição dos métodos e equipamentos passíveis de serem utilizados para os diversos fins.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo apresentar os resultados obtidos no levantamento de 6 pontos por diferentes métodos de levantamentos e diferentes equipamentos. Os levantamentos tratados neste trabalho foram: levantamento por poligonação em poligonal enquadrada com uso do equipamento Estação Total, levantamento pelo método de posicionamento relativo estático rápido, método de posicionamento diferencial por RTK e método de levantamento por ponto preciso, sendo os três executados com uso de equipamento GNSS geodésico e levantamento pelo método absoluto com uso de equipamento GNSS de navegação.

1.1 Posicionamento por topografia clássica: Uso de estação total

Às medições da superfície terrestre realizadas a partir de técnicas e métodos topográficos dá-se o nome de levantamentos topográficos (SILVA e SEGANTINE, 2015). Tais levantamentos podem ser executados pelos métodos de poligonação, triangulação, trilateração ou triangulateração, e é recomendável que se apoiem em vértices de referência com coordenadas conhecidas através de posicionamento por GNSS (INCRA, 2013).

O conceito da medição parte do conjunto para o detalhe, parte-se de pontos do Sistema Geodésico Brasileiro para gerar pontos de detalhes que representam por meio das coordenadas levantadas o objeto de medição (SILVA e SEGANTINE, 2015). Neste trabalho, foi utilizado um dos desdobramentos do método de poligonação com uso de poligonal enquadrada.

O método da poligonação “se baseia na observação de direções e distâncias entre vértices consecutivos de uma poligonal” (INCRA, 2013). Para tanto, o instrumento de medição (como o Teodolito ou a Estação Total) é instalado sobre um dos vértices da poligonal, e, a partir deste, é observada a direção e distância em relação ao vértice anterior (“ré”), e a direção e distância ao vértice seguinte (“vante”).

Uma poligonal pode ser do tipo enquadrada o levantamento tem início em dois pontos de coordenadas conhecidas e finaliza em outros dois pontos de coordenadas conhecidas (MCCOMARC, 2015 apud CARVALHO et al., 2018). Tais pontos de coordenadas conhecidas podem ser pontos referenciados a um sistema Local (Sistema Geodésico Local – SGL ou Sistema Topográfico Local – STL) ou pontos referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB.

1.2 Posicionamento por GNSS

GNSS é a sigla para *Global Navigation Satellite System*, ou, em português, Sistema Global de Navegação por Satélite. O termo é utilizado para designar sistemas de navegação com cobertura global – como o GPS (sistema norte-americano), o GLONASS (sistema russo), o Galileu (sistema europeu) e o Compass/Beidou (sistema chinês), e as infraestruturas espaciais e terrestres associadas a esses sistemas (INCRA, 2013).

O princípio básico do posicionamento por satélite é permitir ao usuário determinar sua posição expressa por latitude, longitude e altitude, através do processo de ressecção simples usando intervalos ou diferenças de intervalo (HOLFMANN-WELLENHHOF; LICHTENEGGER e WASLE, 2008).

Tal sistema possibilita ao usuário obter em qualquer lugar da superfície terrestre e a qualquer hora, seu posicionamento (coordenadas) em um determinado sistema de referência (MONICO, 2008).

Contudo, o tipo de equipamento bem como os métodos de levantamentos são determinantes nos resultados e respectivamente na exatidão dos mesmos. Dentre os métodos de posicionamento por satélite, este trabalho aborda os métodos: posicionamento relativo estático e estático rápido, posicionamento por ponto preciso e posicionamento relativo em tempo real - RTK (*Real Time Kinematic*).

1.2.1 *Posicionamento relativo estático e estático rápido*

Monico (2008) considera que os métodos de posicionamento podem ser classificados quanto ao referencial em “Absoluto” quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro; “Relativo” quando as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas e; “DGNSS” quando um receptor base, de coordenadas conhecidas, coleta dados simultâneos dos satélites de uma estação móvel, e são efetuadas correções para as posições da estação móvel.

O posicionamento relativo, portanto, fornecem as coordenadas de uma ou mais estações denominadas de estações móveis, corrigindo-as a partir de uma ou mais estações denominadas de Base e cujas coordenadas são conhecidas e referenciadas a um sistema de referência (no Brasil ao SIRGAS2000). O rastreo deve ocorrer de modo simultâneo entre as estações móveis e bases e os satélites rastreados devem ser os mesmos (IBGE, 2008). A determinação das coordenadas é realizada a partir do pós-processamento dos dados coletados em campo, por intermédio de programa desenvolvido para esta finalidade (SILVA e SEGANTINE, 2015)

Dependendo do tempo de rastreo e da qualidade das observações, a precisão no posicionamento relativo pode ser centimétrica ou até mesmo milimétrica (POLEZEL, 2010). Segundo o IBGE (2008) a escolha por este método, portanto, busca justamente “minimizar as fontes de erro através da diferença entre observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações”.

De acordo com o método utilizado, o posicionamento relativo pode ser ainda classificado em quatro grupos, são eles: estático, estático rápido, semicinemático e cinemático (IBGE, 2008)

Nesta pesquisa utilizou-se os métodos de posicionamento relativo estático e estático rápido. Para ambos os métodos, tanto o receptor da estação referência quanto o da estação com coordenadas a determinar permanecem estacionários durante todo o levantamento e em linhas de base com comprimento inferior a 20 km, em locais sem obstrução e sob condições ionosféricas favoráveis, levantamentos com tempo de 20 minutos são suficientes para se conseguir solução das ambiguidades. Quanto maior a linha de base, maior o tempo necessário de ocupação (IBGE, 2008).

O método relativo estático rápido possui procedimentos idênticos ao método de posicionamento relativo estático com a diferença de que a duração das sessões de rastreamento costumam ser inferiores a 20 minutos. (IBGE, 2008; INCRA, 2013).

1.2.2 *Real-Time Kinematic*

O *Real-Time Kinematic* (RTK) é um método de posicionamento relativo em tempo real, que vem sendo muito empregado pois permite ao usuário determinar a sua posição em tempo real. Se a solução das ambiguidades for confiável, é possível determinar o posicionamento com acurácia centimétrica, sem que seja necessário o processamento posterior dos dados (BARBOSA et al., 2010).

Seu conceito de funcionamento se baseia na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites, do(s) receptor(es) instalado(s) no(s) vértice(s) de referência ao(s) receptor(es) que percorre(m) os vértices de interesse, o que permite o conhecimento em tempo real das coordenadas dos vértices (INCRA, 2013). Para que os dados coletados na estação de referência sejam transmitidos para a estação móvel, portanto, é necessário um link de rádio ou algum outro tipo de sistema de comunicação. O receptor ainda deve possuir software para realizar o processamento dos dados em tempo real, com solução quase instantânea do vetor de ambiguidades. O sinal do rádio envia as correções para o receptor móvel, que são baseadas no conhecimento da posição da estação de referência, da posição dos satélites e do comportamento do relógio dos satélites (MONICO, 2008).

No entanto, quando a linha de base é superior a 30 km, a solução das ambiguidades é deteriorada devido aos erros de ionosfera, troposfera e órbita dos satélites, dificultando o sucesso do posicionamento RTK (BARBOSA et al., 2010; POLEZEL, 2010). Também o alcance de transmissão das ondas de rádio é um fator de limitação a área de abrangência para a realização de levantamentos por RTK convencional (INCRA, 2013).

1.2.3 *Posicionamento por ponto preciso*

Com o posicionamento por ponto preciso (PPP), as coordenadas do vértice de interesse são determinadas de forma absoluta, e, desta forma, dispensa o uso de receptor instalado sobre um vértice de coordenadas conhecidas (INCRA, 2013). Segundo Monico

(2008), o PPP requer fundamentalmente o uso de efemérides e correções dos relógios dos satélites, ambos com alta precisão. Como consequência, esses parâmetros de correção devem ser disponibilizados aos usuários por alguma fonte independente. Assim, no PPP, quando todos os erros forem adequadamente tratados e se for usado um período longo de observações de receptores de dupla frequência, estima-se nível de acurácia de 0,020m (IBGE, 2008).

Vários serviços online disponibilizam as correções para o PPP, como a *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da NASA, o *Natural Resources Canada* (NRCan) através do *Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning* (CSRS-PPP). No Brasil, desde 2009, o IBGE disponibiliza um serviço online de PPP que processa dados no modo estático e cinemático, permitindo a determinação de coordenadas referenciadas ao sistema geodésico brasileiro SIRGAS 2000 (IBGE, 2017).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa utilizou-se os equipamentos Estação Total da marca Leica, modelo TS02, equipamento GNSS geodésico da marca Leica, modelo ATX900 com modo RTK, os programas posição® e Topcon Tools®. Foi criado um campo de teste para o desenvolvimento do trabalho de campo com 6 pontos. Destes 6 pontos um ponto pertence a Rede de Referência do IBGE a Estação SAT91506 (denominado neste trabalho por ponto 2). Outros 3 pontos também possuem coordenadas conhecidas provenientes da rede de referência da UEM¹ (denominados ponto 1, ponto 5 e ponto 6). Os demais pontos foram distribuídos nas proximidades do Departamento de Engenharia Civil (denominados pontos 4 e 5) como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Localização dos pontos no campo de teste na UEM

Fonte: Imagem disponibilizada por Google Earth Pro, 2019. Adaptado pelos autores.

1. A UEM possui uma rede de referência com 30 pontos referenciados ao Sistema de Referência SIRGAS2000, executado com equipamento GNSS de dupla frequência pelo método de posicionamento relativo estático e ajustados a partir de dois pontos pertencentes a rede de referência do IBGE.

Os procedimentos foram separados em três etapas, sendo que em um primeiro momento (etapa 1) foi realizado teste visando a comparação entre o processamento pelo método de posicionamento relativo estático com ajustamento por duas bases de referência e o método de posicionamento por ponto preciso com ajustamento pelo serviço PPP disponibilizado pelo IBGE. O tempo de rastreamento foi por 1 hora e 16 minutos atendendo as estimativas de precisão para levantamentos GNSS relativo estático e atendendo as estimativas de precisão para processamentos por PPP (IBGE) para obtenção de precisão de 0,040m. O ponto utilizado para teste foi o “ponto 1”.

Para o método de posicionamento relativo estático utilizou-se como base de referência para processamento as coordenadas da Estação PRMA 96048 pertencente a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC, cuja linha de base não ultrapassa a 1Km. Tais coordenadas foram comparadas entre si e em relação ao ponto correspondente da rede de referência da UEM.

Em um segundo momento (etapa 2) foram rastreados os pontos 5 e 6 pelos métodos de posicionamento relativo estático rápido (tempo de rastreamento de aproximadamente 15 min) e método de posicionamento diferencial em tempo real (RTK) com intervalo de gravação de 1seg e tempo de gravação de aproximadamente 10 seg. Esperou-se a fixação das ambiguidades antes da gravação dos dados. Uma vez que não houve fixação, esperou-se por não mais que 10 min e gravou-se os pontos assim mesmo de modo a analisar as diferenças obtidas em casos como este, de não fixação das ambiguidades. Para ambos os métodos utilizou-se como ponto de referência o ponto 2 (coordenadas referenciadas da Estação SAT 91506 pertencente a rede de referência planialtimétrica do IBGE). As coordenadas foram então comparadas entre si e em relação as coordenadas dos pontos correspondentes da rede de referência da UEM.

Para um último teste (etapa3), foi realizado o levantamento pelo método da poligonização por poligonal enquadrada. Para tanto, utilizou-se como pontos de referência os pontos 1, 2, 5 e 6, uma vez que estes pontos fazem parte da rede de referência da UEM. Tais pontos também foram levantados pelos métodos: relativo estático rápido e RTK (segundo os procedimentos descritos na etapa 2). Assim, obteve-se as coordenadas dos pontos 3 e 4 para os três métodos e estas foram comparadas. Nesta etapa não foi realizada a comparação com pontos de referência da UEM, visto que os pontos levantados 3 e 4 não pertencem a rede de referência da Universidade.

Uma vez que este trabalho visa verificar a precisão posicional das coordenadas planimétricas e altimétricas a partir das diferenças obtidas entre os diferentes métodos e quando possível em função das coordenadas pertencentes a rede de referência da UEM sem levar em conta uma finalidade específica, não foi realizada análise da precisão posicional em função de tolerância mas sim em função das estimativas apresentadas na revisão teórica para os diferentes tipos de levantamento realizados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão aqui apresentados respeitando as três etapas de testes. As precisões posicionais obtidas nos processamentos (relativo estático, relativo estático rápido, PPP) dos pontos foram superiores a 0,010m, e para os pontos levantados por RTK e poligonal enquadrada foram superiores a 0,035m com exceção do ponto 6 quando realizado o método RTK pois não houve fixação das ambiguidades para este ponto, ficando a precisão posicional planimétrica com 0,735m e a altimétrica com 1,270m. Assim, com exceção do ponto 6, no caso citado, todas os demais pontos obtiveram precisão em concordância com a esperada para o tipo de método.

Com as coordenadas processadas, foi então realizada a comparação dos resultados obtidos. Assim para a primeira etapa foi realizada a comparação entre as coordenadas obtidas pelo método de posicionamento relativo estático (RE), método de posicionamento por ponto preciso (PPP) e coordenadas do ponto de referência da UEM (UEM) para o “ponto 1” (Tabela 1).

Pontos	UTM (zona 22S) (m)	RE (m)	PPP (m)	UEM (m)	ΔI RE- PPP (m)	ΔI RE- UEM (m)	ΔI PPP- UEM (m)
Ponto1	Lat. N	7411422,531	7411422,548	7411422,546	0,017	0,015	0,002
	Long. E	404458,155	404458,149	404458,171	0,006	0,016	0,022
	Altitude*	531,207	531,4	531,46	0,193	0,253	0,060
	CE ΔI P**				0,017	0,015	0,002

Tabela 1: Coordenadas e diferenças entre coordenadas – etapa 1

*Altitude Geométrica; **C ΔI P Vetor das Componente das diferença planimétrica

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Observou-se que neste teste, as menores diferenças entre as coordenadas ocorreram entre o levantamento por Método de posicionamento por ponto preciso e os pontos da rede de referência da UEM com valores inferiores a 0,030m (3 cm) para as coordenadas planimétricas (latitude Norte e Longitude Este) e menor que 0,070m (7cm) para a coordenada altimétrica (altitude). As demais diferenças apresentaram valores inferiores a 0,020m (2cm) para as coordenadas planimétricas, porém houve diferenças significantes para a coordenada altimétrica, valores superiores a 0,200m (20cm).

Quanto a segunda etapa, realizou-se as diferenças entre o método de posicionamento relativo estático rápido (RER), método de posicionamento diferencial em tempo real por (RTK) e referencial da UEM (UEM) para os “pontos 5 e 6” (Tabela 2).

Neste teste, pode-se observar que as diferenças planimétricas relativas ao ponto 5 foram inferiores a 0,070m (7cm), para as diferenças altimétricas superior a 0,080m (8cm) para as diferenças dos dois métodos levantados em relação ao ponto de referência da UEM, sendo o valor do levantamento diferencial em tempo real por RTK mais expressivo, com 0,132m.

Pontos	UTM (zona 22S) (m)	RER (m)	RTK (m)	UEM (m)	ΔI RER-RTK (m)	ΔI- RER UEM (m)	ΔI- RTK UEM (m)
Ponto5	Lat. N	7411295,962	7411296,032	7411295,971	0,070	0,009	0,061
	Long.E	404390,519	404390,4837	404390,524	0,035	0,005	0,040
	Altitude*	532,564	532,5277	532,696	0,036	0,132	0,168
	CE ΔI P**				0,078	0,010	0,073
Ponto6	Lat. N	7411349,622	7411351,450	7411349,630	1,828	0,008	1,820
	Long.E	404332,417	404330,973	404332,422	1,444	0,005	1,449
	Altitude*	527,354	527,573	527,486	0,219	0,132	0,087
	CE ΔI P**				2,330	0,009	2,326

Tabela 2: Coordenadas e diferenças de coordenadas – etapa 2

*Altitude Geométrica; **C ΔI P Vetor das Componente das diferença planimétrica

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

A diferença entre os métodos levantados foi de 0,036m (3,6cm). Tal diferença pode ser decorrência do ajustamento conjunto dos 30 pontos, realizado na rede de referência da UEM.

Já o ponto 6 obteve diferenças planimétricas inferiores a 0,008m (8mm) e altimétrica igual a 0,132m (13,2cm) somente para o método de posicionamento relativo estático rápido em relação ao ponto de referência da UEM. As diferenças entre o método de posicionamento diferencial em tempo real por RTK em relação aos outros (RER e UEM) obteve valores para as coordenadas planimétricas superiores a 1,000m chegando a quase a 2,000m. A diferença na coordenada altimétrica foi inferior a 0,219m (2,19cm). Este ponto estava posicionado em região arbustiva (como pode ser observado na Figura 6) e, no momento do levantamento, apesar de ter se esperado por mais tempo, este não obteve a fixação das ambiguidades de modo a não obter solução fixa.

Na última etapa, foi realizada a comparação entre as coordenadas obtidas para os pontos 3 e 4 por meio dos métodos de posicionamento (RTK e RER) e pelo método da poligonização por poligonal enquadrada (PE). Os resultados encontram-se na Tabela 3.

Pontos	UTM (zona 22S) (m)	RER (m)	RTK (m)	PE (m)	ΔI RER- RTK (m)	ΔI- RER PE (m)	ΔI- RTK PE (m)
Ponto3	Lat. N	7411297,024	7411297,095	7411297,089	0,071	0,065	0,006
	Long.E	404496,203	404496,175	404496,183	0,028	0,020	0,008
	Altitude*	532,6717	532,781	532,834	0,109	0,162	0,053
	CE ΔI P**						
Ponto4	Lat. N	7411277,345	7411277,412	7411277,365	0,067	0,020	0,047
	Long.E	404438,613	404438,590	404438,614	0,023	0,001	0,024
	Altitude*	532,623	532,746	532,816	0,123	0,193	0,070
	CE ΔI P**						

Tabela 3: Coordenadas e diferenças de coordenadas – etapa 3

*Altitude Geométrica; **C ΔI P Vetor das Componente das diferença planimétrica

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Este teste demonstrou resultados compatíveis com os demais testados de modo que se pode observar diferenças para os “pontos 3 e 4” inferiores a 0,070m para valores planimétricos e inferiores a 0,200m (20 cm) para valores altimétricos. Mostrando que o método de poligonização por poligonal enquadrada se mostrou tão eficiente quanto os métodos realizados com equipamento GNSS. Contudo cabe ressaltar que os métodos de poligonização trabalham com o transporte de coordenadas e desta forma deve-se levar em consideração a propagação dos erros. Para poligonais com um numero maior de vértices, consequentemente o aumento de medições de ângulos e distâncias aumenta também a possibilidade de maior propagação de erros. No levantamento realizado por este método foram lidos 4 ângulos e apenas 3 linhas de distâncias.

Os gráficos da Figura 2 apresentam um resumo dos vetores resultantes das componentes das diferenças planimétricas e da diferença altimétrica encontrada para as três etapas desenvolvidas.

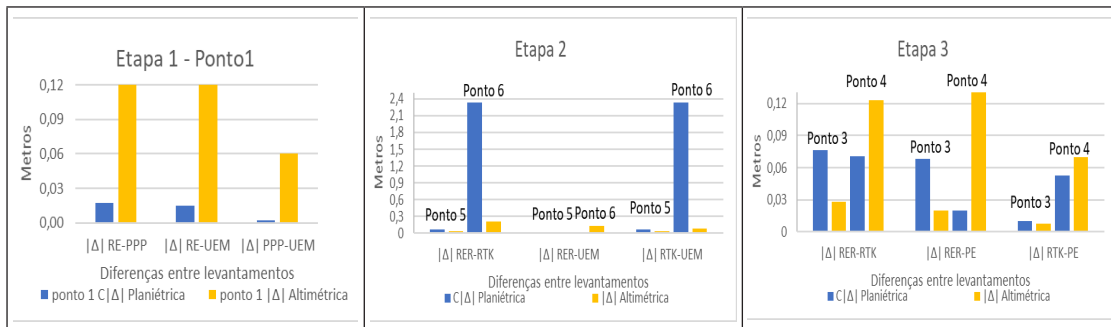


Figura 2 : Gráficos dos valores dos vetores das componentes das diferenças planimétricas (C |Δ| Planimétrica) e diferenças altimétricas (|Δ| altimétricas) entre os diferentes resultados obtidos nas três etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Fonte: dados da pesquisa

Observa-se que as diferenças encontradas para valores altimétricos foi em quase todas as comparações maior que as diferenças encontradas para os valores planimétricos. Também pelo gráfico evidencia-se os resultados diferenciados para o “ponto 6” executado por RTK, uma vez que não se obteve resolução das ambiguidades.

4 | CONCLUSÃO

Todos os métodos de levantamento mencionados foram realizados em campo, e obtiveram precisões compatíveis com as previstas para cada tipo de método de levantamento quando o processamento obteve para levantamentos com GNSS, solução fixa. Houve uma exceção quando da realização do levantamento pelo método RTK no ponto 6. Este apresentou uma diferença de superior a 2 metros (vetor das componentes das diferenças altimétricas) em relação as coordenadas usadas para a comparação. Esta grande diferença entre as coordenadas se deu devido à dificuldade de fixação das ambiguidades devido à grande presença de árvores no local, apesar do rádio manter a conexão entre base e móvel através de obstáculos físicos

De modo geral, os levantamentos apresentaram coordenadas com pouca distinção entre si, havendo um predomínio de maiores diferenças em coordenadas altimétricas. Tirando este ponto em específico, os demais mostraram diferenças planimétricas de no máximo 7,6 cm entre os diferentes levantamentos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Eduardo de Magalhães et al. Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 16, n. 4, p.589-605, out. 2010.

CARVALHO, Renan et al. Análise da qualidade geométrica interna de uma poligonal enquadrada utilizando o modelo de ajustamento paramétrico injuncionado e o ajustamento livre. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s.l.], v. 70, n. 2, p.629-664, 30 jun. 2018. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia.

FRANCO, Thiago Cruz Rodrigues. Análise da precisão no posicionamento com um receptor GPS de navegação. **Revista Agrogeambiental**, [s.l.], v. 1, n. 3, 1 dez. 2009. IFSULDEMINAS (Instituto Federal do Sul de Minas).

GUIMARÃES, Gabriel do N.; CAMARGO, Paulo de O. Potencialidade do GPS de navegação Garmin 12 XL utilizando um sistema de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.300-310, abr. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H. e WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo and more**. Springer-Verlag Wien, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS**. [s.l.]: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP**: Versão: abril 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Manual Técnico de Posicionamento**: Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Brasília: INCRA, 2013.

MATSUOKA, Marcelo. Análise da aplicação de receptor GPS de navegação no posicionamento relativo estático de linha-base curta. **Gaea - Journal Of Geoscience**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.88-93, 31 dez. 2008. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**: Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Ed. Unesp, 2001.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: Descrição, fundamentos e aplicações, São Paulo: UNESP, 2008, 476p

NATIONAL COORDINATION OFFICE FOR SPACE-BASED POSITIONING, NAVIGATION, AND TIMING. **Space Segment**. 2018. Disponível em: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/#orbits>

POLEZEL, Wesley Gildo Canducci. **Investigações sobre o impacto da modernização do GNSS no posicionamento**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Cartográficas, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2010.

SILVA, Irineu; SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. **Topografia para engenharia: teoria e prática de Geomática**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2015.

ZHU, Ni et al. GNSS Position Integrity in Urban Environments: A Review of Literature. **Ieee Transactions On Intelligent Transportation Systems**, [s.l.], v. 19, n. 9, p.2762-2778, set. 2018. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

INFLUÊNCIA DO PORTE DA ESCAVADEIRA NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 04/08/2020

Marília Silva Cavalcante

Orica Brasil Ltda
Belo Horizonte - MG

Jorge Luiz Valença Mariz

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

Artur Ângelo Alcântara de Assis

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/0583419471123527>

Suelen Silva Rocha

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

Júlio César de Souza

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4295864256992991>

RESUMO: A taxa de produção de um empreendimento mineiro influencia diretamente no retorno financeiro e na vida útil da jazida, sendo sua precisa definição uma condição fundamental para o sucesso do projeto. Após sua seleção, é possível ponderar os métodos de lavra que atenderiam às particularidades da região e do depósito, dentre os quais uma gama de equipamentos diferentes poderia atender às condições de cada método. Visto que a busca pelo cenário ótimo geralmente culmina na maximização do valor presente líquido do projeto (análise determinística), deve-se proceder a seleção dos equipamentos de carregamento e transporte conforme esta restrição. Este estudo visa verificar os resultados econômicos obtidos por diferentes conjuntos escavadeira-caminhões em uma mina de agregados lavrada através de bancadas múltiplas, onde foram verificados cenários com quatro diferentes portes de escavadeira e o número correspondente de caminhões para cada equipamento de carregamento. Foram efetuadas análises de risco e sensibilidade (análise probabilística) em cada cenário, onde foi verificado também o desempenho de cada escavadeira e seus caminhões em diferentes taxas de produção. Por fim, foram sobrepostas as linhas de tendência dos quatro conjuntos de dados oriundos das simulações de Monte Carlo e foi verificado em que taxa de produção cada escavadeira apresenta melhor resultado econômico.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento de lavra, Dimensionamento de equipamentos, Avaliação econômica, Análise de risco, Mineração de agregados.

INFLUENCE OF THE EXCAVATOR SIZE ON THE ECONOMIC ASSESSMENT OF A QUARRY MINE

ABSTRACT: The production rate of a mining enterprise directly influences the financial return and the lifetime of the deposit, and its accurate definition is a fundamental condition for the success of the project. After the selection, it is possible to consider the mining methods that would meet the particularities of the region and the deposit, among which a range of different equipment could meet the conditions of each method. Since the search for the optimum scenario generally culminates in the maximization of the net present value of the project (deterministic analysis), the loading and haulage equipment must be selected according to this restriction. This project aims to verify the economic results obtained by different excavator-trucks sets in a quarry mine exploited through multiple benches, where four scenarios with different excavator dimensions and the corresponding number of trucks for each loading equipment were verified. Risk and sensitivity analysis (probabilistic analysis) were performed in each scenarios, in which were also verified the performance of each excavator and trucks at different production rates. Finally, the trend lines of the four data sets from the Monte Carlo simulations were superimposed and were verified in which production rate each excavator presents the best economic result.

KEYWORDS: Mine planning, Equipment dimensioning, Economic assessment, Risk analysis, Quarry mining.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo de um projeto mineiro envolve, geralmente, três estágios, que são os estudos conceitual, de pré-viabilidade e de viabilidade; para a progressão aos dois últimos estágios, é necessário definir um calendário de produção e uma expectativa de vida útil, embora parte das informações acerca da lavra ainda sejam conjecturas (LEE, 1984. MARIZ; PERONI, 2018).

A seleção do método de lavra consiste também em um processo crítico para o projeto, onde deve ser considerada a interação de fatores técnicos, tecnológicos, econômicos, sociais, políticos, ambientais e históricos. Critérios subjetivos e as incertezas inerentes a cada um destes fatores devem também ser levados em consideração, cujo objetivo maior é a obtenção de um método que maximize o lucro do projeto e também a recuperação dos recursos minerais. Após selecionado, o método deve assegurar que haja condições adequadas de trabalho, fomentar a redução dos impactos causados ao meio ambiente, permitir a estabilidade da mina durante sua vida útil, ser flexível às condições geológicas e à infraestrutura disponível, permitindo que a produtividade máxima seja atingida e os custos unitários e globais de produção sejam reduzidos (ADLER; THOMPSON, 2011. ROCHA et al., 2018).

O estudo de viabilidade econômica deve considerar, portanto, todas estas variantes e produzir resultados para diversos cenários, onde são avaliados os métodos de lavra possíveis, diferentes teores de corte, diferentes equipamentos de lavra e beneficiamento,

taxas de produção, preço do minério, recuperação da planta de beneficiamento, insumos, custos diversos, dentre outros fatores. Após assumidas as restrições, o estudo convencional fornece uma avaliação econômica para uma determinada taxa de atratividade (TMA) esperada a partir da taxa de produção estabelecida, juntamente com fluxos de caixa, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) (HARTMAN, 1996).

Entretanto, a análise convencional determinística assume que as restrições impostas são conhecidas com precisão, o que representa uma simplificação errônea, visto que as estimativas de teores, custos, preços de venda, dentre outros, são sujeitos à variação devido à incapacidade de previsão do futuro. Neste contexto, o risco inerente às suposições assume um papel preponderante, sendo possível considera-lo propriamente através de técnicas como a análise de sensibilidade e a análise estocástica de risco (GENTRY; O'NEIL In: HARTMAN, 1992).

Uma referência geral para a TMA das empresas no Brasil é a taxa SELIC, taxa básica de juros da economia brasileira, pois ela afeta tanto a captação de recursos quanto as aplicações financeiras (JUVENAL, 2018 apud VIEIRA, 2017). O critério de aceitação de um projeto com base no VPL pode ser assim definido:

$VPL > 0 \rightarrow$ O projeto é atrativo;

$VPL = 0 \rightarrow$ O projeto é indiferente;

$VPL < 0 \rightarrow$ O projeto não é atrativo.

Segundo Gentry e O'neil (1992), o termo análise de sensibilidade descreve o processo de determinar a sensibilidade dos resultados do projeto à mudança em qualquer variável de entrada, o que permite identificar as variáveis que têm um maior impacto no resultado analisado, frente a diferentes graus de erro em sua estimativa. A análise de risco baseada nas simulações de Monte Carlo é a metodologia pela qual a incerteza envolvendo as principais variáveis de um modelo de previsão é processada para estimar o impacto do risco sobre os resultados projetados. Durante o processo de simulação, cenários sucessivos são criados utilizando valores de entrada aleatórios para as principais variáveis do projeto, para as quais foram atribuídas distribuições de probabilidade que visam representar o comportamento de cada variável. Os resultados são coletados e analisados estatisticamente até se chegar a um diagrama de frequência acumulada que condensa os valores obtidos para a variável analisada, permitindo a quantificação do risco do projeto (JUVENAL, 2018).

No tocante ao dimensionamento de equipamentos, de acordo com Racia (2016), é um processo de seleção e compatibilização destes para a movimentação do material (minério ou estéril) levando em consideração as características dos equipamentos, as condições operacionais, o projeto da lavra e a produção anual. A falta de harmonização dessa relação pode acarretar na super ou subestimação dos equipamentos, gerando desperdícios, diminuição de produtividade e aumento de custos operacionais e capitais. A Figura 1 apresenta um exemplo do ciclo completo de carregamento e transporte através de conjunto escavadeira-caminhões em uma mina.

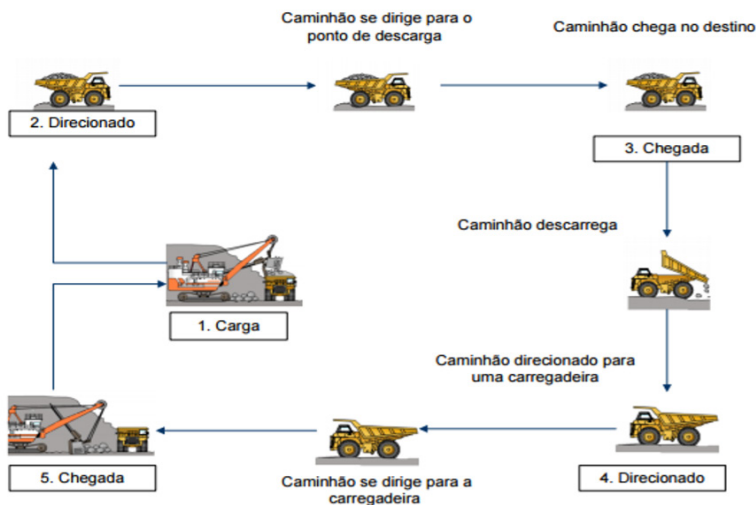


Figura 1 - Ciclo do processo de carregamento e transporte por caminhão

Fonte: Bernardi (2015)

Ao considerar as capacidades máximas de produção de cada equipamento individualmente, seria possível verificar quantas unidades de transporte atenderiam a uma determinada unidade de carregamento. A aplicação e o porte do conjunto de carga e transporte estão diretamente ligados à escala de produção, geometrias da cava e geologia da jazida (RACIA, 2016).

Este trabalho propõe efetuar um estudo de viabilidade econômica na Pedreira Esperança Ltda., uma mineração de agregados para construção civil localizada em Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Carregamento e transporte são efetuados por um conjunto escavadeira-caminhões. Foi verificado se diferentes portes de escavadeiras e seus respectivos caminhões resultam em projetos com VPLs significativamente distintos para as mesmas restrições, indicando o porte adequado dos equipamentos para cada taxa de produção estipulada.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A cava foi modelada no *software* Datamine Studio 3.21 com base na atualização da topografia efetuada por meio de um VANT DJI Phantom 4 Pro. Conforme as restrições impostas à área (reserva ambiental, limite das poligonais e edificações) e considerando uma altura média de 1,5 metros de capeamento, foram estimados 5.559.986,28 m³ de rocha lavrável *in situ*, além de um capeamento com 223.308,82 m³ *in situ*.

O dimensionamento da frota considerou em cada cenário as dimensões e capacidades das escavadeiras e caminhões para determinada taxa de produção. A usina

foi avaliada no *software* BRUNO, cujas capacidades produtivas da britagem primária e rebitagem foram identificadas, junto às configurações de operação.

Os equipamentos utilizados nas operações de decapeamento, perfuração, carregamento e transporte, por sua vez, são os descritos na Tabela 1, junto com a depreciação considerada no estudo; após o esgotamento, será adquirido um novo equipamento e será efetuada a venda do equipamento depreciado por 30% do seu valor. Foi considerada a substituição imediata equipamentos em negrito na Tabela 1, de modo que fosse considerada a aquisição de uma das escavadeiras propostas no estudo e da quantidade proporcional de unidades de transporte.

Equipamento	Quantidade	Depreciação (Anos)
Perfuratriz PW 5000	1	10
Compressor Atlas Copco XAS 420	1	10
Escavadeira Liu Gong 936	1	10
Escavadeira Hyundai R210 LC-7	1	10
Carregadeira Caterpillar 924	1	10
Carregadeira Shantui SL 15W3	1	10
Caminhões Ford Cargo 12m³	3	5

Tabela 1 - Equipamentos utilizados na lavra e a depreciação considerada.

Fonte: Autores (2019).

As escavadeiras selecionadas para o desenvolvimento do estudo são as Caterpillar 320, 323, 336 e 349. Foi considerado nos cálculos o fator de empolamento (f_1) de 1,50, o coeficiente de rendimento (**E**) das escavadeiras e caminhões de 0,83 e 0,70, respectivamente, assim como o fator de carga (**F**) de 1,1. O tempo de ciclo de todas as escavadeiras foi considerado como 30s, de modo que caminhões trabalhando em conjunto com máquinas maiores são carregados mais rapidamente, possibilitando uma operação conjugada mais produtiva. A distância média de transporte (DMT) dos caminhões foi obtida a partir de três pontos das extremidades da cava final.

Grande parte dos dados utilizados neste estudo foram obtidos na administração da empresa, como taxa de produção média, preço médio de venda dos produtos, custos com frete, insumos, custos de operação de cada equipamento, custos fixos, dentre outras particularidades. Os custos de aquisição e operação das diferentes escavadeiras aqui estudadas foram obtidos diretamente com o fornecedor. Custos de aquisição de equipamentos de britagem e outras máquinas móveis foram também obtidos com os respectivos fornecedores.

Todas estas informações foram utilizadas para compor fluxos de caixa anuais até que houvesse a exaustão do minério definido na cava final. Foram consideradas tributações,

contribuições e compensações sobre o faturamento em cada fluxo de caixa, como o IRPJ, o ICMS, o COFINS, o PIS/PASEP, a CSLL e a CFEM. Incentivos fiscais como depreciação, amortização ou exaustão não foram empregados, visto que a empresa se submete ao regime do lucro presumido e este não prevê estes incentivos. Foi considerado, entretanto, um incentivo oferecido pelo Estado de Pernambuco para minas cujo minério é destinado à construção civil. Após o esgotamento da vida útil de cada equipamento, será considerada a aquisição de um novo e a venda do anterior por um valor residual.

Após a composição dos fluxos de caixa com receitas, custos e tributos, foi definida a taxa mínima de atratividade (TMA) e calculado o valor presente líquido (VPL) do projeto para quatro cenários com taxa de produção obtida através da série histórica, considerando quatro portes de escavadeiras e os respectivos caminhões para viabilizarem a operação em função desta produção. Foi efetuada ainda a análise econômica probabilística, composta pela análise de sensibilidade e análise de risco, tendo como ferramenta o *software* Risk Simulator 2017. Foram efetuadas inicialmente 100.000 simulações de Monte Carlo, considerando os parâmetros arbitrariamente eleitos como mais influentes (Taxa de Produção ($\text{m}^3/\text{mês}$), Valor Médio de Venda ($\text{R}\$/\text{m}^3$), Custo Combustível ($\text{R}\$/\text{L}$), Custo Energia Elétrica ($\text{R}\$/\text{kWh}$) e Custo Emulsão Bombeada ($\text{R}\$/\text{Kg}$)). Foram identificadas através da análise de sensibilidade as variáveis que efetivamente influenciavam no resultado final e foram efetuadas outras 100.000 simulações considerando somente as variáveis identificadas na análise de sensibilidade, sendo estes resultados comparados aos obtidos através da análise econômica convencional.

Após a conclusão das simulações, considerando as quatro escavadeiras estudadas, foi efetuada uma análise nos dados para indicar em quais taxas de produção cada uma delas apresentava melhor desempenho na maximização dos lucros, indicando assim qual porte de equipamento seria mais indicado para cada taxa de produção avaliada neste projeto.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes de rocha e de capeamento após a delimitação das poligonais dos processos ANM, da área de proteção permanente (APP) e da zona residencial, quando submetidos aos fatores de empolamento de 1,5 e 1,4, respectivamente, geraram uma estimativa de 8.339.979,42 m^3 de rocha e 312.632,35 m^3 de capeamento. Como a taxa de produção média da pedreira equivale a 12.000 $\text{m}^3/\text{mês}$ empolados, pode-se considerar que a vida útil da mina seria de 58 anos.

Foi considerado neste estudo que em 25% do tempo a usina produz as britas 25, 19, 12 mm e pó de brita, ao passo que em 75% do tempo, em função do mercado consumidor, não há produção de brita 25 mm. A capacidade de produção do britador primário é de 380 ton/h, enquanto a rebitagem atinge 238 ou 190 ton/h, conforme a produção da brita 25 mm

ou não. Considerando 1,5 como fator de empolamento, estes valores tornam-se 253,34, 158,67 e 126,67 m³/h, respectivamente; as configurações de abertura dos britadores e *decks* de peneiras são distintas nos diferentes casos, razão pela qual há esta diferença de produção.

Considerando as capacidades máximas teóricas fornecidas pelo *software* Bruno e considerando um regime de 44 horas semanais, além da configuração pré-estabelecida para a usina, o britador primário teria capacidade de produzir 49.147,96 m³/mês, ao passo que a rebitagem produziria 26.125,98 m³/mês. Ao considerar um fator de eficiência de 90% para a rebitagem, esta passa a ter a capacidade produtiva de 23.513,38 m³/mês; a eficiência da britagem primária dá-se em função da operação conjugada entre o conjunto escavadeira-caminhões.

Considerando a necessidade de aumentar a produção, e visto que a britagem primária tem uma capacidade produtiva bastante superior à rebitagem, é possível que haja um turno noturno somente para este setor, trabalhando 40 horas semanais, o que possibilitaria produzir 23.701,92 m³/mês teóricos, ou 21.331,73 m³/mês considerando a ineficiência. O somatório dos dois turnos possibilitaria a produção de 44.845,11 m³/mês já com a ineficiência, sendo admitido que a britagem primária possui capacidade para atender à demanda da rebitagem caso esta trabalhe dois turnos. A Figura 2 apresenta o fluxograma da usina de beneficiamento, considerando a produção de brita 25 mm.

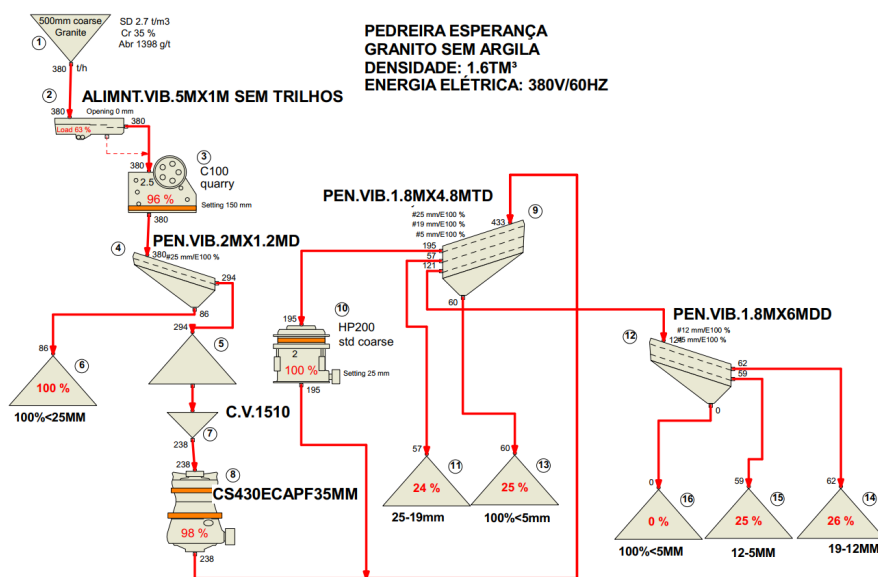


Figura 2 - Fluxograma da planta de beneficiamento com produção da brita 25 mm, onde a rebitagem tem capacidade de produzir 238 ton/hora

Fonte: Autores (2019)

O consumo e a capacidade produtiva das escavadeiras Caterpillar 320, 323, 336 e 349, estão dispostos na Tabela 2, assim como a produtividade dos caminhões quando operados em conjunto com elas.

Parâmetros	Caterpillar 320 (Conjunto 1)	Caterpillar 323 (Conjunto 2)	Caterpillar 336 (Conjunto 3)	Caterpillar 349 (Conjunto 4)
Capacidade de caçamba (m ³)	1,40	1,56	2,40	3,21
Consumo de combustível (L/h)	21,00	21,65	40,00	53,00
Q _{ef} (m ³ /h)	101,23	112,80	173,54	232,11
Q _{máx} (m ³ /h)	121,97	135,91	209,09	279,66
t _{cmín} (min)	8,40	7,96	6,61	5,98
Q _{cam.ef} (m ³ /h)	39,62	41,81	50,32	55,63
Q _{cam.máx} (m ³ /h)	56,60	59,73	71,89	79,48
Nº teórico de caminhões	2,15	2,28	2,91	3,52

Tabela 2 - Informações relativas à produção e consumo de combustível das escavadeiras e caminhões, assim como estimativas da produtividade de cada equipamento e da operação conjugada para a máxima produtividade

Fonte: Autores (2019)

A composição dos fluxos de caixa em anos em que não há substituição de equipamentos considerou custos variáveis (decapeamento, perfuração, desmonte, carregamento, transporte e beneficiamento) e fixos (folha salarial, serviços, arrendamento, dentre outros), totalizando R\$ 5.190.017,86 anuais, excluindo os conjuntos escavadeira-caminhões. O faturamento anual foi considerado como R\$ 6.804.000, ao passo que o valor tributado equivaleu a R\$ 767.163,31. O custo anual das operações conjugadas nos conjuntos de 1 a 4, respectivamente, equivaleu a R\$ 488.584,42, R\$ 509.648,16, R\$ 582.456,168 e R\$ 722.507,85. Vale reiterar que a seleção dos equipamentos, considerando uma mesma taxa de produção, não apresenta nenhuma relação com o faturamento, exercendo influência somente nos custos anuais do projeto.

A taxa mínima de atratividade utilizada em todos os cenários foi de 22,5%, valor obtido pela multiplicação da taxa Selic da época (7,5%) por três, representando assim as muitas incertezas que um investimento em um empreendimento mineiro acarreta. A Tabela 3 apresenta os VPLs obtidos em cada conjunto escavadeira-caminhão operando na pedreira para as restrições estabelecidas. Considerando a produção de 12.000 m³/mês, é de se esperar que equipamentos menores atendem à demanda com um menor custo de produção, razão pela qual o VPL do projeto para escavadeiras menores é significativamente maior. A avaliação econômica convencional, entretanto, não prevê os riscos envolvidos no projeto nem projeta possíveis variações de custos, taxa de produção e preço de venda, razão pela qual uma abordagem probabilística é necessária.

Operação conjugada	VPL (R\$)
Conjunto 1	4.519.838,40
Conjunto 2	4.344.972,68
Conjunto 3	4.371.065,34
Conjunto 4	2.981.258,28

Tabela 3 – Valores presente líquidos obtidos no projeto nos quatro cenários com conjuntos escavadeira-caminhões e a taxa de produção de 12.000 m³ mensais empolados

Fonte: Autores (2019)

Chama a atenção o VPL do Conjunto 3 ser maior que o do Conjunto 2, mesmo se tratando de uma escavadeira de maior porte e custo. Esta anomalia ocorreu pelo fato de ser considerado através dos cálculos que somente um caminhão seria necessário para trabalhar 44 horas semanais e atingir os 12.000 m³ propostos, ao passo que duas unidades seriam necessárias nos cenários com escavadeiras menores, embora obviamente a ineficiência da britagem primária e da escavadeira sejam demasiadas em cenários com um caminhão.

Considerando a possibilidade de variação dos parâmetros, a taxa de produção máxima de cada cenário foi definida em função das diferentes capacidades produtivas de cada escavadeira, conforme exposto na Tabela 4.

Operação conjugada	Taxa de produção máxima (m³/mês)
Conjunto 1	19.639
Conjunto 2	21.883
Conjunto 3	33.667
Conjunto 4	45.029

Tabela 4 – Taxas de produção máximas (m³/mês) considerando os equipamentos utilizados em cada cenário

Fonte: Autores (2019)

A avaliação econômica probabilística tem início através da definição de quais fatores tornar-se-ão distribuições estatísticas. Foram eleitos como mais importantes a taxa de produção mensal empolada (m³), o valor médio de venda (R\$/m³), o custo do combustível (R\$/L), o custo com energia elétrica (R\$/kWh) e o custo com emulsão bombeada (R\$/kg), conforme a Tabela 5, onde se verifica o valor mais provável (o real praticado à época do estudo), o valor mínimo (90% do valor provável) e o valor máximo (120% do valor provável). Foram selecionadas as funções Pert e triangular como as mais representativas dos domínios.

Variável	Função	Mínimo	Provável	Máximo
Taxa de Produção (m³/mês)	Pert	8000	12000	Variável
Valor Médio de Venda (R\$/m³)	Triangular	42,525	47,25	56,7
Custo Combustível (R\$/L)	Triangular	3,375	3,75	4,5
Custo Energia Elétrica (R\$/kWh)	Triangular	0,828	0,92	1,104
Custo Emulsão Bombeada (R\$/Kg)	Triangular	3,357	3,73	4,476

Tabela 5 – Distribuições estatísticas e limites utilizados em cada variável simulada

Fonte: Autores (2019)

Foram efetuadas 100.000 simulações de Monte Carlo iniciais e, antes da análise de risco, foi efetuada a análise de sensibilidade. Após as primeiras iterações de cada cenário analisado, foi possível obter seus respectivos gráficos de percentual de variação explicada, que indicam quanto da variação de cada uma das cinco variáveis individuais afeta no resultado final (VPL, neste caso); as variáveis que apresentaram valores mais altos são aquelas que têm maior influência sobre o resultado. A Tabela 6 exibe os valores obtidos no gráfico percentual de variação explicada de cada cenário avaliado, onde pode-se observar que a taxa de produção mensal empolada e o valor médio de venda do produto são as variáveis que realmente influenciam o VPL, juntas representando uma média de 98,3% da influência nos resultados em todos os cenários estudados.

Variáveis	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Média
Taxa de produção mensal empolada (m³)	81,96%	85,19%	92,96%	95,22%	88,83%
Valor Médio de Venda (R\$/m³)	15,39%	12,53%	5,82%	4,14%	9,47%
Custo Combustível (R\$/L)	0,48%	0,37%	0,22%	0,13%	0,30%
Custo Energia Elétrica (R\$/kWh)	0,08%	0,07%	0,02%	0,02%	0,05%
Custo Emulsão Bombeada (R\$/kg)	0,05%	0,02%	0%	0,02%	0,02%

Tabela 6 – Percentual de variação explicada e médias obtidos na análise de sensibilidade

Fonte: Autores (2019)

Após a definição das variáveis mais influentes, foi executada uma segunda bateria de 100.000 simulações para proceder à análise de risco. Os limites e as distribuições estatísticas foram mantidos os mesmos. Como resultado, foram obtidos histogramas contendo a distribuição probabilística do VPL considerando as variáveis individuais analisadas, de forma que é possível conhecer a probabilidade de o empreendimento apresentar um determinado VPL em função dos dados gerados nas simulações. Em cada cenário de operação conjugada, foram calculadas a probabilidade de o empreendimento

apresentar VPL maior que zero, ou seja, ser lucrativo, e a probabilidade de apresentar VPL maior que o VPL da avaliação econômica determinística. Os resultados podem ser verificados na Tabela 7 e os histogramas na Figura 3.

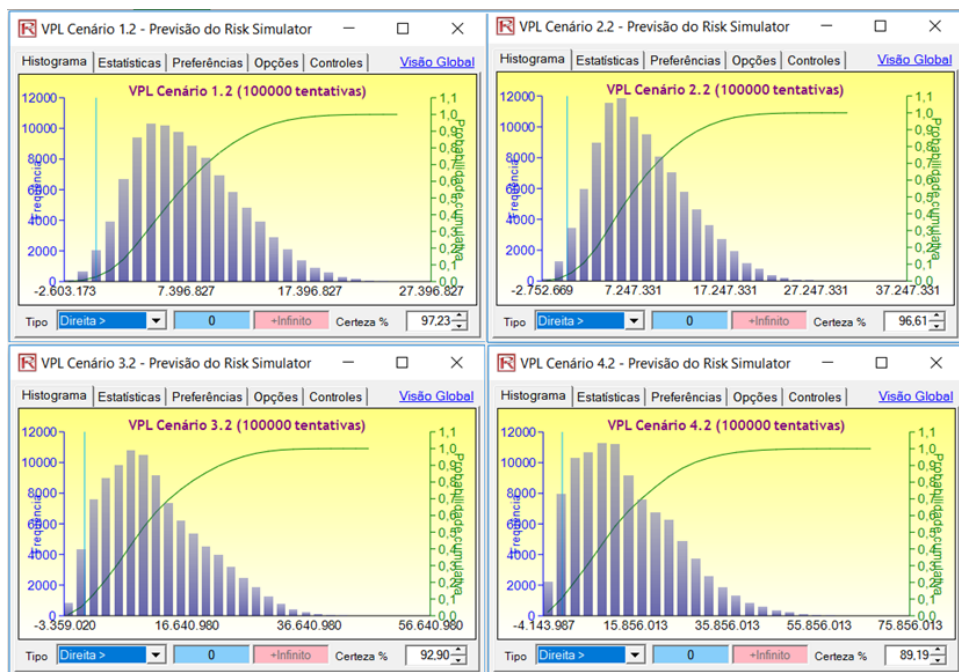


Figura 3 - Histogramas de frequência das simulações efetuadas nos quatro cenários e probabilidade do resultado ser maior que zero (faixa azul ciano)

Fonte: Autores (2019)

Cenário	VPL	Probabilidade VPL > 0	Probabilidade VPL > VPL determinístico
Conjunto 1	R\$4.519.838,40	97,23%	66,61%
Conjunto 2	R\$4.344.972,68	96,61%	70,76%
Conjunto 3	R\$4.371.065,34	92,90%	74,33%
Conjunto 4	R\$2.981.258,28	89,19%	78,72%

Tabela 7 – VPL obtido através da análise determinística para os quatro cenários estudados, seguido da probabilidade do VPL ser maior que zero e ser maior que o VPL convencional

Fonte: Autores (2019)

Após a avaliação probabilística, é possível verificar com maior clareza a real capacidade que um projeto tem de gerar lucros ou não. Nos quatro casos estudados, a probabilidade de haver lucro entre uma taxa de produção maior que 8.000 m³/mês e um

valor variável em função da capacidade máxima de cada escavadeira foi maior que 89%, o que indica fortemente a probabilidade do projeto atingir bons resultados para a TMA e os demais parâmetros selecionados.

Foram efetuadas ainda outras 100.000 simulações considerando somente a variação da taxa de produção, cujo intuito era verificar o desempenho econômico de cada cenário em função desta. A Figura 4 apresenta a comparação entre as linhas de tendência no mesmo gráfico, onde é possível perceber que sempre que uma unidade de carregamento atinge determinada taxa de produção com menor custo, esta é a mais indicada para efetuar o trabalho. Outra conclusão possível é que quanto maior a taxa de produção, maior o VPL do cenário, o que indica que o incremento na produção, caso o setor comercial acompanhe, é sempre desejável, mesmo que os custos de operação de equipamentos maiores sejam igualmente mais elevados. Este fenômeno em função do fator de escala, onde as receitas de projetos maiores são antecipadas e sofrem menor penalização dos juros.

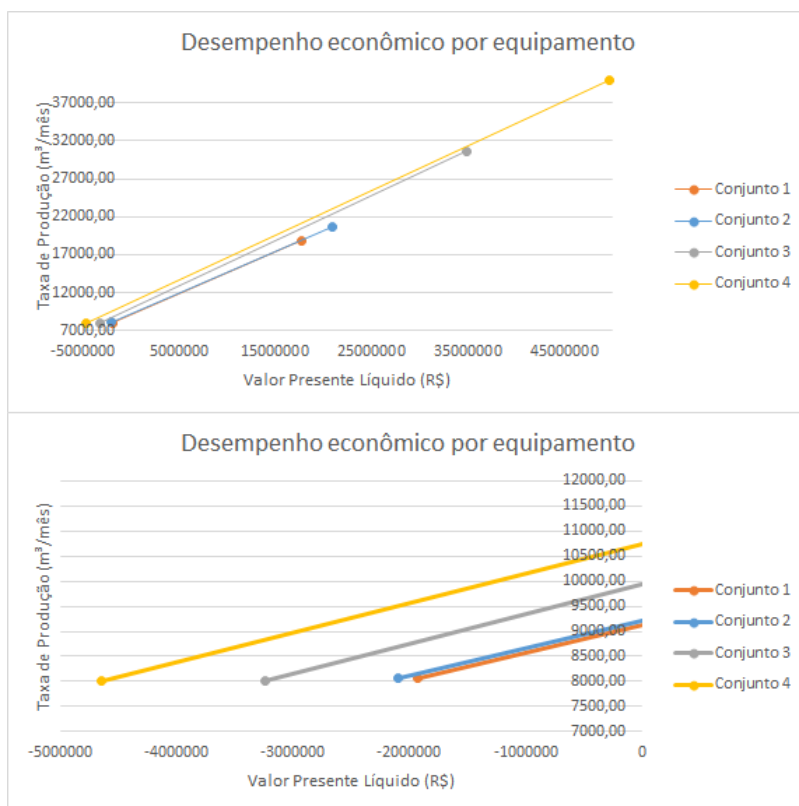


Figura 4 - Comparação em diferentes escalas entre as linhas de tendência dos conjuntos de dados dos quatro cenários avaliando o desempenho do valor presente líquido em função do incremento da taxa de produção

Fonte: Autores (2019)

4 | CONCLUSÃO

Após a modelagem das reservas lavráveis, foi definida a taxa de produção média e estimado o faturamento atrelado a esta produção. Quatro cenários de operação foram elaborados, considerando diferentes portes de escavadeiras, onde foram identificados os custos de capital e de operação da pedreira estudada em cada um deles, além da tributação incidente, de modo que foram obtidos fluxos de caixa e valores presentes líquidos (VPLs) determinísticos para cada um deles. Ao considerar a taxa mínima de atratividade (TMA) de 22,50%, foi verificado que todos os cenários apresentavam VPLs positivos, o que indicaria que o projeto é viável economicamente.

No entanto, a avaliação econômica determinística não considera as incertezas de um projeto a longo prazo, fazendo-se necessária uma avaliação econômica probabilística através de ferramentas que tragam resultados mais abrangentes e robustos. Foram efetuadas 100.000 simulações de Monte Carlo iniciais, seguidas de uma análise de sensibilidade onde foram identificadas quais dentre as cinco variáveis submetidas à avaliação apresentaram maior influência sobre o VPL. Após a definição das duas mais influentes, foram executadas novas 100.000 simulações para que se pudesse efetuar a análise de risco, onde foi verificado através dos histogramas que havia mais de 89% de probabilidade de todos os cenários apresentarem VPL maior que zero, embora a probabilidade de atingirem os valores estimados na análise convencional fosse da ordem de 70%.

Foi avaliado ainda o desempenho econômico de cada conjunto escavadeira – caminhões em função somente da taxa de produção, considerando novas 100.000 simulações onde somente esta variável foi analisada. Foi verificado que, geralmente, quanto menor o porte da escavadeira, contanto que esta atingisse a taxa de produção desejada, maior seria o VPL, visto que os custos de operação seriam menores. Entretanto, quanto maior a taxa de produção, em detrimento dos custos de operação mais elevados, maior é o desempenho econômico do cenário, contanto que não sejam comparados cenários em que os custos de aquisição e operação de um determinado equipamento sejam muito discrepantes em relação aos demais, o que poderia reduzir sensivelmente o desempenho do cenário.

REFERÊNCIAS

ADLER L.; THOMPSON S. D. **Mining Methods Classification System**. In P. Darling, (Ed.) Mining Engineering Handbook. 3rd ed. Littleton: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc; 2011. pp. 349-355.

BERNARDI, H. A. **Dimensionamento de Equipamentos para as Operações Unitárias de Lavra de Mina a Céu Aberto**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Minas Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2015.

GENTRY, D. W.; O'NEIL, T. J. **Investment Analysis**. In: HARTMAN, Howard L. (Editor). SME Mining Engineering Handbook. Littleton (CO): SME – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992. 1 v. Cap. 6.5, p. 452-469.

HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2. ed. Florida: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Colorado, 1996.

JUVENAL, R. S. **Análise de Risco e de Viabilidade Econômica de uma Mineração de Agregados em Fase de Implantação na Região Metropolitana do Recife**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Minas, Recife, 2018.

LEE, T. D. **Planning and Mine Feasibility Study – And Owners Perspective**. In: Proceedings of the 1984 NWMA Short Course 'Mine Feasibility – Concept to Completion' (G.E. McKelvey, compiler). Spokane, WA, 1984.

MARIZ, J. L. V.; PERONI, R. L. **Análise da Aderência à Realidade Brasileira dos Métodos de Previsão da Taxa de Produção em Fases Prematuras de Projeto**. 9º CBMina, Belo Horizonte, MG, 2018.

RACIA, I. M. **Desenvolvimento de um modelo de dimensionamento de equipamento de escavação e de transporte em mineração**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ROCHA, S. S.; SOUZA, J. C.; VASCONCELOS, S. L. D.; MARIZ, J. L. V. **Análise comparativa de métodos de lavra na mineração de gipsita em Pernambuco**. 4ª ABMWeek, São Paulo, SP, 2018.

SUSLICK, S. B. **Métodos de Avaliação Econômica**. In: YAMAMOTO, Jorge K. Avaliação e Classificação de Reservas Minerais. São Paulo: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p. 193-226.

TORRIES, T. F. **Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions**. Littleton (CO): SME – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1998. 153 p.

VIEIRA, S. J. F. N. A. **Análise de Viabilidade Econômica de um Empreendimento de Água Mineral na Região Metropolitana do Recife**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Minas, Recife, 2017.

ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO DO TRABALHO EM UMA MINA DE AGREGADOS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 30/07/2020

Débora Gomes Figueiredo

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE

Jorge Luiz Valença Mariz

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

Robson Ribeiro Lima

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/1359820723738659>

Suelen Silva Rocha

Departamento de Engenharia de Minas –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

Romildo Paulo Silva Neto

Musashi do Brasil Ltda
Recife - PE

RESUMO: O setor mineral costuma ser evidenciado por fazer parte de um grupo relevante de empresas com risco de acidente de trabalho e de doença ocupacional alto (grau 4). Portanto, é fundamental a elaboração de um sistema preventivo de doenças, acidentes

e perturbações funcionais em colaboradores do setor, que deve basear-se na adequabilidade, na aplicação e na eficiência das normas de trabalho vigentes, considerando a segurança da atividade como um todo. O setor de agregados possui papel expressivo no desenvolvimento urbano por oferecer os insumos utilizados na construção civil. Tendo em vista a complexidade operacional do setor, buscou-se com este estudo avaliar e discutir os riscos presentes nas operações e no processo produtivo de agregados para a construção civil em uma pedreira localizada em Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Foi elaborado um mapa de risco setorial, que auxilia na visualização destes riscos por operação unitária, além de permitir a quantificação dos graus de risco de modo unificado, servindo como objeto de conscientização das equipes e como estímulo para que empresas busquem alternativas para prevenção de possíveis acidentes.

PALAVRAS-CHAVE: Mineração, Agregados, Pedreira, Segurança do trabalho, Mapa de risco operacional.

ELABORATION OF AN WORKPLACE SAFETY MAP ON A QUARRY MINE

ABSTRACT: The mineral sector is usually evidenced by being part of a group of companies whose risk of occupational accidents and work-related illness are high (level 4). Therefore, it is essential to develop a preventive system against illnesses, accidents and functional disorders in employees in the sector, which must be based on the adequacy, application and efficiency of the current work security rules, considering the safety

of the activity as a whole. The aggregates sector has an expressive role in urban development because it offers the raw material used in civil construction. Due to the operational complexity of the sector, this study aims to assess and discuss the risks present in the operations and in the production process of aggregates for civil construction in a quarry located in Vitória de Santo Antão, Pernambuco. An Operational risk map was prepared, which helps to visualize these risks by unit operation, in addition to allowing the quantification of risk degrees in a unified way, serving as an object of awareness of the teams and as a stimulus for companies to seek alternatives to prevent possible accidents.

KEYWORDS: Mining, Aggregates, Quarry mine, Workplace safety, Operational Risk map.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de recursos naturais sempre foi fundamental para o desenvolvimento econômico, social, técnico e cultural da humanidade, de modo que o consumo de matérias-primas minerais é um dos principais indicadores de desenvolvimento das sociedades. O Brasil é um dos países com maior potencial em recursos minerais do planeta, com 67 tipos de substâncias minerais explorados (MARIZ, 2018). De acordo com dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em 2017, o setor mineral representou 16,7% do Produto Interno Bruto (PIB) Industrial, com faturamento de 32 bilhões de dólares e produção de mais de 2 bilhões de toneladas, gerando 189 mil empregos diretos e mais de 2 milhões de empregos indiretos (IBRAM, 2018).

Conforme previsto no Art. 97 do Código de Mineração, visando à regulamentação das atividades de gestão e fiscalização mineral e a garantia do aproveitamento racional das substâncias minerais, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, hoje Agência Nacional de Mineração, ANM) publicou a Portaria nº 237/2001, que constitui as Normas Reguladoras de Mineração (NRM's). Perfazendo 22 tópicos, as NRM's levam em consideração as condições técnicas e tecnológicas de operação, de segurança no trabalho e de proteção ao meio ambiente, de forma a tornar o planejamento e o desenvolvimento da atividade minerária compatíveis com a busca permanente da produtividade, da preservação ambiental, da segurança e da saúde dos trabalhadores (MARTINS, 2017).

De forma mais abrangente, existem ainda as 36 Normas Regulamentadoras (NR's), que têm por objetivo fornecer parâmetros para garantir a segurança e a saúde do trabalhador em suas atividades, descrevendo diretrizes básicas para as que as empresas implementem em seus ambientes de trabalho (BRASIL, 1978).

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), as mineradoras são classificadas através da NR-04 como empresa de grau de risco 4, sendo consideradas como empresas com alta exposição de trabalhadores a riscos ambientais e com alta probabilidade de acidente de trabalho. A NR-22 disciplina os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho mineiro, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades visando a segurança, a saúde e o bem

estar dos trabalhadores, garantindo assim a minimização dos riscos e o cumprimento das legislações vigentes (mineral, ambiental, trabalhista, dentre outras) (BUDKE, 2012).

O setor de agregados produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil, tendo por isso grande expressão no desenvolvimento urbano. As minerações típicas de agregados são os portos-de-areia e as pedreiras para produção de brita (IBRAM, 2018).

No Brasil, entre 2008 e 2012, o setor nacional das indústrias extrativas registrou o total de 32.584 acidentes de trabalho, onde a subclasse extração de agregados para construção civil (pedra/areia/argila) registrou 8.048 acidentes, representando 24% deste total (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2012).

Neste contexto, este estudo objetivou realizar uma análise sistemática dos aspectos relativos à saúde e segurança do trabalho em uma pedreira localizada em Vitória de Santo Antão, Pernambuco, onde foram identificados os principais fatores de risco ambientais envolvidos nas operações unitárias produtivas da empresa, além de operações auxiliares e atividades administrativas, culminando na elaboração de um mapa de risco setorial das atividades.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Geralmente, a segurança está relacionada à ausência de risco, à previsibilidade e à certeza quanto ao futuro. A segurança do trabalho, portanto, pode ser entendida como um conjunto de medidas adotadas cujo objetivo é minimizar acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, além de proteger a integridade e a capacidade de trabalho do trabalhador (VILLAIN; CAETANO, 2007).

Riscos ocupacionais são possíveis acidentes ou doenças a que estão expostos os trabalhadores no exercício do seu trabalho ou em função de sua ocupação. Geralmente, os riscos ocupacionais estão relacionados a ambientes em que o trabalhador fica sujeito a ruídos, vibrações, gases, vapores, dentre outras situações que podem gerar danos à saúde ou à integridade física do profissional, devendo cada caso ser avaliado individualmente. (SANTOS, 2010).

O Ministério do Trabalho (MT) classifica os riscos de acordo com sua natureza em riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos ou acidentais, que são rotulados com cores específicas para fins de padronização da sinalização. Assim, eles podem ser operacionais (riscos de acidente), comportamentais ou ambientais (físicos, químicos ou biológicos, ergonômicos). O grupo 1 (verde) refere-se a riscos físicos, como ruídos, vibrações, radiações ionizantes, frio, calor, pressões anormais e umidade. O grupo 2 (vermelho) são riscos químicos, como poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases, vapores e substâncias compostas ou produtos químicos que podem prejudicar a saúde do trabalhador. O grupo 3 (marrom) abrange riscos biológicos, como vírus, bactérias, protozoários, fungos, parasitas e

bacilos. O grupo 4 (amarelo) engloba os riscos ergonômicos ou riscos psicofísico-motores, tais como esforço físico excessivo, levantamento e transporte de peso exagerado, exigência de postura inadequada, controle rígido de produtividade, trabalho noturno, jornadas de trabalho extensas, monotonia e repetitividade, entre outras situações estressantes. O grupo 5 (azul), por fim, abrange riscos de acidentes causados por conjuntos físicos inadequados, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inapropriadas, iluminação incorreta, eletricidade, probabilidade de incêndio ou explosão, armazenamento inadequado, entre outras incontáveis situações de risco que poderão contribuir para ocorrência de acidentes no ambiente de trabalho (SENAI, 2006). A Figura 1 apresenta esquematicamente cada tipo de risco associado à sua cor identificadora.



Figura 1 – Representação dos tipos de riscos ocupacionais e sua cor de identificação

Um mapa de riscos consiste em uma representação gráfica dos riscos ambientais e de acidentes nos diversos locais de trabalho, inerentes ou não ao processo produtivo, devendo ser afixado em locais acessíveis e de fácil visualização, com a finalidade de orientar os que ali atuam ou eventuais transeuntes. No mapa de riscos, círculos de cores e tamanhos diferentes indicam em cada local quais são os fatores de risco e a sua magnitude (SENAI, 2006).

Um mapa de riscos deve reunir informações suficientes para o diagnóstico da situação de segurança e saúde em cada ambiente de trabalho, possibilitando a troca e divulgação de informações entre os servidores, assim como estimular sua participação nas atividades de prevenção. Sua confecção deve considerar o conhecimento do processo produtivo no local analisado, a identificação dos riscos neste local e das medidas preventivas, além das eficácia de cada uma (medidas de proteção coletiva, de organização do trabalho, de proteção individual e de higiene e conforto). O histórico de acidentes deve ser considerado,

assim como o *layout* do ambiente, onde serão sobrepostos círculos com diferentes cores e dimensões para representar riscos e magnitudes (SENAI, 2006).

Cada setor deve receber uma análise individualizada dos fatores de risco e da magnitude de cada um. A Figura 2 apresenta exemplos de tamanhos de círculos, representando a gravidade do risco, além das cores que classificam cada um destes riscos. Caso existam, em uma mesma seção, diversos riscos de um só tipo, um círculo basta para a representação, desde que os riscos tenham o mesmo grau de nocividade, conforme a representação da Figura 3.

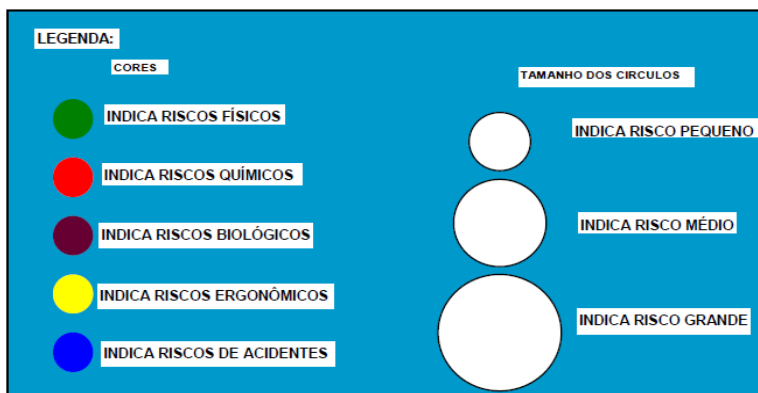


Figura 2 – Representação dos riscos quanto ao tipo e à intensidade

Fonte: NUNES (2013)

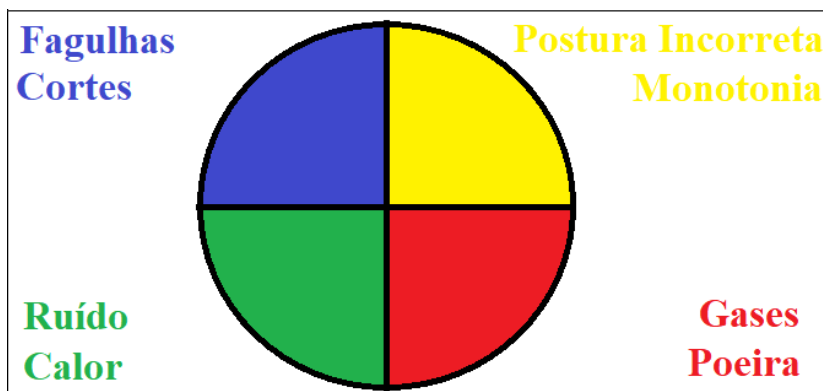


Figura 3 – Diversos tipos de risco em um mesmo local

Fonte: SEGPLAN (2012)

Quantos aos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos quando operando em uma pedreira, podem-se citar os seguintes:

- **Operações com veículos:** impacto relacionado com capotamento, colisão entre veículos, esmagamento ou atropelamento de trabalhadores por veículos em marcha atrás; quedas à entrada ou à saída das altas cabines dos veículos, além de falhas técnicas, como avaria nos travões ou na direção, ou de erro dos condutores, como excesso de velocidade e instabilidade da carga. O tráfego de veículos nas bermas da frente de lavra são também de grande risco (YARAHMAD, 2014);
- **Pavimento e solo:** risco relacionado aos escorregamentos, aos tropeções e às quedas. Os trabalhadores das pedreiras correm ainda o risco de serem atingidos pela queda de objetos, nomeadamente blocos de pedra (DELLERO, 2013);
- **Riscos físicos:** aspecto relacionado com a exposição a vibrações transmitidas ao sistema mão-braço ou a todo o corpo, além da exposição ao ruído (CERDEIRA, 2014);
- **Riscos ergonômicos:** aspecto relacionado com os trabalhos manuais, às longas jornadas de trabalho na posição sentado e com a adoção de posturas incorretas (GUERREIRO, 2015);
- **Exposição a substâncias químicas:** relacionado com a presença de substâncias químicas perigosas (BHAGIA, 2012);
- **Exposição a condições atmosféricas adversas:** relacionado à exposição a temperaturas extremas, umidade, chuva, neve e radiação UV (MATOS, 2010);
- **Riscos associados aos trabalhos de manutenção e reparação de máquinas:** relacionado a quedas do veículo, entalamento ou esmagamento (muitas vezes a manutenção é executada com as máquinas em funcionamento), além de frequentes posições difíceis. Também relacionado com a corrente elétrica resultante de isolamento deficiente das componentes elétricas (OSHA, 2010);
- **Risco associado ao uso de equipamentos de solda:** relacionado à exposição a fumos nocivos resultantes dos processos de solda e à projeção de material incandescente (SOUSA, 2015);
- **Risco associado aos equipamentos sobre pressão:** relacionado à presença de reservatórios de ar comprimido e ao uso de mangueiras de alta pressão (SOUSA, 2015);
- **Risco associado a situações de emergência:** resultado de explosões, derrocadas, incêndios e inundações (CASTELO BRANCO, 2007);
- **Risco associado ao uso de explosivos:** atividade que, geralmente, apresenta o maior grau de periculosidade (CASTELO BRANCO, 2007);

- **Riscos organizacionais:** impacto relacionado à natureza do trabalho, a longas jornadas, ao trabalho fora do horário normal, ao trabalho isolado (MATOS, 2014) ou aos fins de semana, muitas vezes executado sob forte pressão de tempo, o que, obviamente, aumenta o risco de acidentes. Aspecto relacionado também com a formação/experiência dos trabalhadores, sendo comum recorrer-se a trabalhadores que não estão familiarizados com o local nem com a atividade.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pedreira estudada tem, aproximadamente, 28 funcionários. Entre março de 2014 e outubro de 2018 foram contabilizados 9 (nove) acidentes de trabalho que acarretaram no afastamento temporário de funcionários, cuja descrição pode ser verificada na Tabela 1 e onde é possível verificar que houve acidentes em diversos setores da empresa.

DATA	FATOR GERADOR DA LESÃO	SETOR	CONSEQUÊNCIA
01/12/2014	Projeção de Fragmento do Britador	Beneficiamento	Corte na Pálpebra
21/10/2015	Eletrização em Quadro de Força	Beneficiamento	Choque Elétrico – Queimadura nas mãos e no rosto
09/12/2015	Faixa oriunda da solda	Manutenção	Queimadura nos Olhos
12/04/2016	Queda de Motocicleta	Trajeto ao trabalho	Lesões na Pele
27/08/2016	Tombamento de Caminhão	Transporte	Lesão no Cotovelo
25/02/2017	Ar em Alta Temperatura	Manutenção	Queimadura no Rosto
05/04/2018	Projeção de limalha de ferro	Manutenção	Corte na Perna
24/04/2018	Queda de Altura Escavadeira	Carregamento	Corte no Punho
08/08/2018	Projeção de limalha de ferro	Manutenção	Corte nos Lábios

Tabela 1 – Histórico de acidentes com afastamento da pedreira 2014 à 2018

Fonte: Banco de dados da empresa

A coleta de dados para a avaliação da segurança das operações unitárias da pedreira deu-se a partir de pesquisa bibliográfica e de observações livres. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca das operações unitárias em minerações a céu aberto, da legislação brasileira e de normas aplicadas à mineração, cujo objetivo foi reunir o máximo de informação pertinente às etapas do processo produtivo e assim auxiliar na identificação dos riscos existentes em cada setor e atividade da pedreira. Em seguida, foram coletados dados mediante contato direto com os colaboradores. Com base em todos estes dados, foi elaborado o mapa de risco setorial do empreendimento.

Os riscos foram classificados conforme seu grau de intensidade/gravidade, sendo atribuídas intensidades baixa (peso 1, consequências que não geram afastamentos),

média (peso 2, consequências que causam afastamentos de até 15 dias) e alta (peso 3, consequências que podem causar perda permanente ou temporária da condição de trabalho) (FIGUEIREDO, 2018). Nos setores em que foram detectados tipos diferentes de fatores de risco, dividiu-se o(s) círculo(s) representativo(s) da intensidade conforme a quantidade de riscos identificados.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabelas de 2 a 10 foram utilizadas na composição do mapa de risco setorial da pedreira, as quais expõem os tipos e fatores de risco identificados divididos por setores de trabalho e/ou operação unitária da lavra ou beneficiamento, sendo classificados também quanto à intensidade (gravidade - G).

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Ligações elétricas deficientes	3
Acidentes	Princípio de incêndio	3
Acidentes	Queda de objetos	2
Acidentes	Quedas causadas por saliências no piso	1
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3
Físico	Ambiente climatizado (Doenças Respiratórias)	1
Físico	Calor	1
Físico	Iluminação deficiente	1
Químico	Poeira	1

Tabela 2 – Fatores de risco identificados no escritório da pedreira

Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Ligações elétricas deficientes	3
Acidentes	Movimentação/ transporte de carga (peças, carenagens, motores, etc.) por equipamentos	2
Acidentes	Piso / superfícies escorregadias	1
Acidentes	Princípio de Incêndio	3
Acidentes	Queda de altura	3
Acidentes	Queda de objetos	2
Acidentes	Queda no piso	1
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2

Acidentes	Explosão	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3
Ergonômico	Risco Físico Motor (transporte de pesos: peças de reposição, ferramentas e equipamentos)	2
Físico	Calor	1
Físico	Elementos fluidos em alta temperatura	3
Físico	Faíscas	2
Físico	Iluminação deficiente	1
Físico	Radiações não ionizantes	1
Físico	Ruído	2
Químico	Contato com produtos químicos (desmoldante, óleo lubrificante e hidráulico)	1
Químico	Exposição a fumos metálicos	2
Químico	Manuseio de Produto Químico (Óleo Diesel)	1
Químico	Poeira	1

Tabela 3 – Fatores de risco identificados no setor de manutenção-oficina da pedraira

Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Ligações elétricas deficientes	3
Acidentes	Princípio de incêndio	3
Acidentes	Queda no piso	1
Biológico	Risco biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	2
Físico	Calor	1
Físico	Iluminação deficiente	1
Químico	Manuseio de produto químico (detergente)	1

Tabela 4 – Fatores de risco identificados no refeitório da pedraira

Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Queda em altura	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3

Ergonômico	Risco Físico Motor (transporte de pesos: peças de reposição, ferramentas e equipamentos)	2
Físico	Calor	1
Físico	Radiação não ionizante (solar)	2
Físico	Ruído	3
Físico	Vibração	2
Químico	Gases tóxicos	3
Químico	Poeira	3

Tabela 5 – Fatores de risco identificados na operação unitária de lavra perfuração da pedraira
Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Explosão	3
Acidentes	Projeção de Fragmentos	3
Acidentes	Queda em altura	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	2
Ergonômico	Risco Físico Motor (transporte de pesos: peças de reposição, ferramentas e equipamentos)	2
Físico	Calor	1
Físico	Radiação não ionizante (solar)	2
Físico	Ruído	1
Físico	Vibração	2
Químico	Gases tóxicos	2
Químico	Manuseio de produto químico (explosivos e acessórios)	2
Químico	Poeira	1

Tabela 6 – Fatores de risco identificados no desmonte de rochas com uso de explosivos
Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Desmoronamento da bancada	3
Acidentes	Projeção de Fragmentos	2
Acidentes	Queda de equipamentos	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3

Físico	Calor	1
Físico	Radiação não ionizante (solar)	2
Físico	Ruído	2
Físico	Vibração	2
Químico	Poeira	1

Tabela 7 – Fatores de risco identificados no desmonte secundário de rochas

Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Desmoronamento da bancada	3
Acidentes	Projeção de Fragmentos	2
Acidentes	Queda de equipamentos	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3
Físico	Calor	1
Físico	Radiação não ionizante (solar)	2
Físico	Ruído	2
Físico	Vibração	2
Químico	Poeira	1

Tabela 8 – Fatores de risco identificados na operação unitária carregamento

Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Arrebentamento de Pneu	3
Acidentes	Atropelamento	3
Acidentes	Desmoronamento da bancada	3
Acidentes	Perda de controle do equipamento	3
Acidentes	Projeção de Fragmentos	2
Acidentes	Queda de equipamentos	3
Acidentes	Tombamento de equipamentos	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3
Físico	Calor	1
Físico	Radiação não ionizante (solar)	2
Físico	Ruído	2
Físico	Vibração	2

Químico	Gases tóxicos	1
Químico	Poeira	2

Tabela 9 – Fatores de risco identificados na operação unitária transporte

Fonte: Figueiredo (2018)

Tipo de Risco	Fator de Risco	G
Acidentes	Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras)	2
Acidentes	Ligações elétricas deficientes	3
Acidentes	Projeção de Fragmentos	3
Acidentes	Queda de equipamentos	3
Acidentes	Queda em altura	3
Acidentes	Queda na escada	3
Biológico	Risco Biológico (vírus, fungos, bactérias, parasitos etc.)	1
Ergonômico	Risco Físico Motor	3
Físico	Calor	1
Físico	Radiação não ionizante (solar)	2
Físico	Ruído	2
Físico	Vibração	2
Químico	Poeira	3

Tabela 10 – Fatores de risco identificados nas instalações de beneficiamento da pedra

Fonte: Figueiredo (2018)

A área da pedra foi subdividida em escritório administrativo, manutenção-oficina mecânica, refeitório, operações unitárias de lavra (perfuração, desmonte primário, desmonte secundário, carregamento, transporte) e beneficiamento. Como pode ser observado nas tabelas apresentadas, foram identificados diversos riscos e níveis de gravidade nos diversos setores e operações unitárias da empresa, sendo o risco de acidente o mais evidente. O setor que apresenta maior número de riscos é a oficina mecânica-manutenção. Os setores que apresentaram índice de gravidade (G) mais elevado foram a oficina mecânica-manutenção, as operações de lavra de perfuração e de transporte, além do beneficiamento, o que permite concluir que tais operações devem ser realizadas sobre condições máximas de segurança, visto que as consequências dos riscos podem causar perda permanente ou temporária da condição de trabalho. Deve-se reiterar ainda que o risco de acidentes com manuseio de explosivos é muito alto, e muitos acidentes nesta operação costumam ser fatais e produzir danos materiais.

A **Figura 4** apresenta o mapa de risco setorial da pedra, onde foram atribuídos riscos e magnitudes a cada setor e/ou atividade da pedra, tendo ocorrido todos os

tipos de risco e todos os graus de gravidade. A conscientização contínua dos riscos e das maneiras de neutralizá-los, associada à ação contínua da direção da empresa e das equipes pode resultar na redução da quantidade ou da dimensão dos círculos. A criação de um novo processo deve demandar o acréscimo de novas características, de modo que esta atividade de avaliação de riscos deve ser recorrente, sendo primordial a revisão periódica do mapa de risco das atividades.

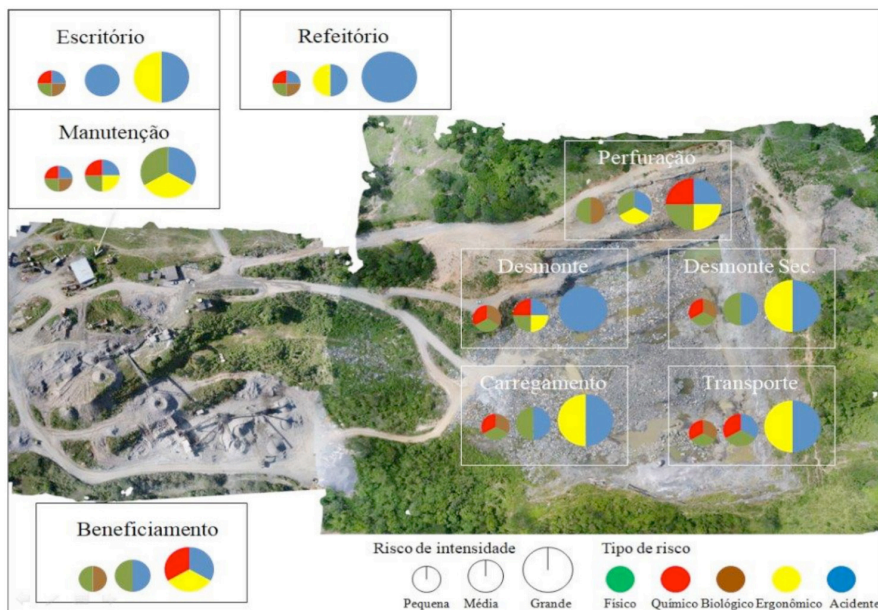


Figura 4 – Mapa de risco setorial da pedreira

5 | CONCLUSÕES

A segurança na indústria extrativa mineral é um tema de elevada importância, visto que esta é caracterizada como uma atividade de risco elevado; para promover a proteção dos recursos humanos e materiais, portanto, é fundamental desenvolver e aplicar métodos de avaliação de risco, visando à eliminação ou redução dos riscos através da adoção de medidas de controle.

A metodologia proposta neste estudo consistiu na identificação dos riscos em vários setores e/ou operações unitárias da pedreira e na avaliação destes riscos em relação à gravidade, culminando na representação gráfica setorial de um mapa de risco. Foram contemplados riscos de quedas ou perda de controle de veículos, queda em altura ou no mesmo nível, esmagamento por desmoronamento, projeção de rochas e fragmentos, risco de atropelamento, vibração, produção de poeira, ruído, riscos de incêndio, explosões ou choques elétricos.

A adoção desta ferramenta prática e participativa, aliada à constante conscientização dos colaboradores e ao comprometimento da empresa na busca por melhorias, favorece todos os envolvidos, tanto do ponto de vista material (melhoria na saúde, proteção a vidas e equipamentos) quanto da produtividade, pois diminui o índice de afastamentos. Sendo uma ferramenta dinâmica, é importante que, no mínimo, seja efetuada uma revisão anual no mapa de risco, assegurando assim que todos possuem a compreensão correta dos fatores de risco a que estão sujeitos.

REFERÊNCIAS

BHAGIA, L. J. Non-occupational exposure to silica dust. **Indian Journal of Occupational & Environmental Medicine**, v. 16, pp. 95-100, 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 2.037, de 15 de dezembro de 1999. **Norma Regulamentadora 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração**. Diário Oficial da União. Brasília, 15 de dezembro de 1999.

BUDKE, A. L. **Elaboração do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) em Pedreira**. 2018. Monografia (Pós-graduação) – Curso de Pós Graduação *Lato Sensu* em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2012.

CASTELO BRANCO J., BAPTISTA, J., DIOGO, M. T. **Comparação da avaliação dos riscos por dois métodos correntemente utilizados na indústria extrativa**. Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia. Issue 4, p.106-114, 2007.

CERDEIRA, J.; MATOS, M. L.; BAPTISTA, J. S. **Relação entre ruído e vibração produzidos por equipamentos de pedreira**. In: International Symposium on Occupational Safety and Hygiene: SHO2014, Guimarães, Portugal, 13-14 February 2014, Proceedings Book, p. 73-75, 2014.

DELLERO, H., El Kharim, Y. **Rockfall Hazard in an Old Abandoned Aggregate Quarry in the City of Tétouan Morocco**. **International Journal of Geosciences**. Volume 4. pp 1228-1232, 2013.

FIGUEIREDO, D. G. **Avaliação dos riscos ambientais das operações unitárias de uma pedreira da Região Metropolitana de Recife/PE**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Engenharia de Minas] – Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

GUERREIRO, H. **Condições de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho em Exploração de Rocha Ornamental e Industrial**. XV Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológica e de Minas da Ordem dos Engenheiros, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Economia Mineral do Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://portaldaminerao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/economia-mineral-brasil-mar2018-2.pdf?x73853>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

MARIZ, J. L. V. **Análise da aderência à realidade brasileira dos métodos de previsão da taxa de produção em fases prematuras de projeto**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MARTINS, C. F. V. **Avaliação das normas reguladoras de mineração para minas subterrâneas no Brasil e da legislação mineral brasileira para segurança em subsolo**. 182 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

MATOS, L.; SANTOS, P.; BARBOSA, F. **Um fator subestimado na prevenção**. In: International Symposium on Occupational Safety and Hygiene : SHO, 2014, Guimarães, Portugal, 13-14 February 2014, Proceedings Book, p. 220-222

MATOS, M. L. F., Pinto, F. R. (2010). **Indústria Extrativa: Análise de riscos ocupacionais e doenças profissionais**. SHO 2010: Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais, Guimarães, Portugal, 10-11 Fevereiro de 2010, pp. 339-343.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social. **Anuário estatístico da previdência social (AEPS)**. Seção IV, Capítulo 31 - Acidentes do Trabalho, Brasília, 2012. v. 21. 888 p. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2013/05/AEPS_2012.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.

NUNES, M. F. **Apostila do Curso de Higiene e Segurança de Minas**. Marabá: UNIFESSPA, 2013.

OSHA, European Agency for safety and Health at work. (2010). E-facts n° 49 E-fact 49: **Safe maintenance - quarrying sector**. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/efacts/efact49>

SANTOS, F. F. **Principais consequências da não aplicação da nr-10 – avaliação das instalações elétricas de baixa tensão de uma Unidade Militar de Aquartelamento**. 2013. 79 p. Monografia (Especialização em engenharia de segurança do trabalho) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.

SEGPLAN (SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E PLANEJAMENTO). GERÊNCIA DE SAÚDE E PREVENÇÃO. **Manual de Elaboração de Mapa de Riscos**. Goiânia: SEGPLAN, 2012.

SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial). **Mapa de riscos**. Porto Alegre: SENAI, 2006.

SOUSA, I. **Aplicação da metodologia integrada de avaliação de risco na indústria extrativa a céu aberto**. 2015. 108 p.

VILLAIN, F. S.; CAETANO, L. C. C. **Segurança em Eletricidade: proposta de implantação da nova NR-10 “Segurança em instalações e serviços em eletricidade” no campus da UNESC**. 87 f. 2007. Monografia (Especialização em engenharia de segurança do trabalho) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma.

YARAHMADI, R., Bagherpour, R., Khademian, A. (2014). **Safety risk assessment of Iran’s dimension stone quarries (Exploited by diamond wire cutting method)**. Safety Science Março 2014. Volume 63 pp. 146–150.

VIRTUALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO: APLICAÇÕES NA GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 29/07/2020

Adriano Macedo Silva

Centro de Inovação SESI – Sistemas de
Gestão em SST
Campo Grande - MS
<http://lattes.cnpq.br/2323936421612893>

Carolina Martinez Vendimiati

Fundação Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul (FUFMS)
Campo Grande - MS
<http://lattes.cnpq.br/2108766193932249>

Ricardo Egídio dos Santos Junior

Centro de Inovação SESI – Sistemas de
Gestão em SST
Campo Grande - MS
<http://lattes.cnpq.br/6324323026153710>

RESUMO: Partindo-se de estudos que demonstram que grande parte dos acidentes de trabalho da Indústria da Construção (IC) poderiam ter sido evitados com a identificação de riscos durante as etapas de concepção de projetos, este artigo abordou como os conceitos de virtualização na construção podem auxiliar na elaboração de planos de gestão de saúde e segurança do trabalho de maneira mais efetiva. Para isso, foram analisados estudos de caso internacionais em que foram aplicados processos de gestão e técnicas de virtualização (como o Virtual Design and Construction, Building Information Modeling, Virtual Reality, Augmented Reality, e outros)

na construção, com o objetivo de integrar os atores envolvidos e identificar riscos de saúde e segurança do trabalho ao longo do ciclo de vida de um empreendimento. Um questionário foi aplicado a pessoas diretamente ligadas à IC com o objetivo de levantar informações relacionadas ao conhecimento dos respondentes acerca dos conceitos abordados, sobretudo os relacionados à Building Information Modeling (BIM), e da sua difusão entre segmentos específicos, tais como especialistas em Saúde e Segurança do Trabalho (SST), profissionais gerais da IC e estudantes. Através de uma análise crítica dos dados coletados e dos estudos de casos analisados, foi possível relacionar pontos de contato entre o contexto levantado pelo questionário e a aplicabilidade de soluções para a identificação de riscos e integração dos profissionais de SST nos projetos de construção, reconhecendo ainda oportunidades de desenvolvimento de pesquisas acadêmicas e soluções de mercado para o novo contexto de gerenciamento da IC.

PALAVRAS-CHAVE: Design for Safety, BIM, Construção Civil, Saúde e Segurança, Gestão de projetos.

VIRTUALIZATION IN CONSTRUCTION: APPLICATIONS IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT

ABSTRACT: Lots of studies demonstrate that a large number of accidents at work in the Construction Industry (CI) could have been avoided with the identification of risks during the stages of project design. Gathering some international case studies in which management processes and virtualization techniques were

applied, this article addressed how the concepts of virtualization in construction (such as Building Information Modeling, Virtual Reality, Augmented Reality, and others) can help in the elaboration of health and safety management plans more effectively by integrating the actors involved in identifying occupational health issues and safety risks throughout the life cycle of an enterprise. A questionnaire was applied to people directly linked to the Brazilian Construction Industry to collect information related to the respondents' knowledge about the concepts covered by this article, mainly those related to Building Information Modeling (BIM) and its dissemination among specific segments, such as Occupational Health and Safety (OHS) specialists, general professional from Construction Industry and students. With all those information, it was possible to analyze some interesting points related to the interface between the existing concepts and technologies and their applicability to help professionals in Construction Industry to better identify risks and promote the integration of OHS professionals on this process. Lastly, this study enabled to recognize opportunities to develop new academic researches and market solutions for the new Health and Safety management context on the Construction Industry.

KEYWORDS: Design for safety, BIM, Civil Construction, Occupational Health and Safety, Project Management.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria da construção (IC) é responsável, anualmente, por aproximadamente 60 mil acidentes fatais em todo o mundo (ZOU, KIVINIEMI, e JONES, 2017 apud ILO, 2005). A grande quantidade de eventos perigosos desperta a necessidade de ações urgentes ligadas à gestão de Saúde e Segurança no Trabalho (SST) que considerem aplicações durante todo o ciclo de vida útil das edificações, desde o momento de concepção projetual, continuando nas etapas de detalhamento de projetos, execução, operação e chegando até mesmo à reforma e/ou demolição de um determinado empreendimento.

A IC tem experimentado nos últimos anos uma verdadeira revolução tecnológica por meio da virtualização (digitalização) e automação de seus processos, o que tem incorrido em melhorias constantes da sua eficiência e produtividade, sobretudo por conta do uso de conceitos como o *Virtual Design and Construction (VDC)*, *Building Information Modeling (BIM)*, uso de realidade virtual e aumentada (VR/AR), impressão 3D, entre outras evoluções que são destacadas na revisão feita por Oesterreich e Teuteberg (2016) como adventos da indústria 4.0 e que pautam a agenda de inovações do setor.

Essas inovações podem ser utilizadas para a prevenção de acidentes, sendo a fase de concepção de projetos momento extremamente importante para que sejam tratados os requisitos de SST, sendo este conceito conhecido como Design for Safety (DfS). Para a aplicação e difusão deste conceito, se faz necessário estudar os aspectos envolvidos com relação aos processos de trabalho, maturidade dos profissionais, tecnologias aplicadas e também o cenário em que estão inseridos todos esses atores.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Saúde e segurança do trabalho na indústria da construção

Em 2017 foram divulgados os últimos dados quantitativos oficiais de acidentes no trabalho no Brasil pela Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência (DATAPREV) no Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (MF, 2017). Ao realizar uma análise dos dados utilizando-se como parâmetro a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), é possível segmentar os eventos associados à IC. Considerando-se as atividades de construção, classificadas na seção F e divisões 41, 42, 43 do CNAE, foram registrados, somente no ano de 2017, mais de 30.025 acidentes (excluídos os acidentes de trajeto). Quando consideramos as atividades indiretamente relacionadas como a fabricação de estruturas pré-fabricadas de madeira, concreto, estruturas metálicas (CNAE 16.22-6, 23.30-3, 25.11-0) e serviços especializados de arquitetura e engenharia (CNAE 71.11-1, 71.12-0) o total alcança 35.943 eventos. Ao analisar o índice de mortalidade relacionado às atividades econômicas da seção F (aquela que corresponde à IC), constata-se um valor de 10,81 acidentes fatais por cada 100 mil vínculos empregatícios, sendo este valor mais do que o dobro do índice nacional, estabelecido em 5,24 óbitos a cada 100 mil vínculos.

A gestão de saúde e segurança no trabalho gira em torno do conceito fundamental de risco. Para as organizações, este conceito é bastante amplo, sendo entendido como qualquer “efeito geral da incerteza nos objetivos” (ABNT, 2009) e cujo gerenciamento consiste no conjunto de atividades de “planejamento, identificação, análise, plano de ações, monitoramento e controle em um determinado projeto” (PMI, 2008). Já no âmbito ocupacional, pode-se definir risco como sendo “a probabilidade ou chance de lesão ou morte” (SANDERS e McCORMICK, 1993). A partir dos conceitos estabelecidos, pode-se então estudar a respeito dos riscos especificamente associados à IC, intrínsecos à atividade produtiva do setor.

No Brasil, o gerenciamento de riscos de SST relacionados às diversas atividades produtivas do país é amparado por Normas Regulamentadoras (NR's) editadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que consistem em disposições complementares à Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e que apresentam os direitos e deveres que devem ser cumpridos tanto por empregadores quanto trabalhadores de forma a garantir ambientes de trabalho mais seguros, onde sejam minimizados os riscos relacionados à doenças e acidentes de trabalho (ENIT, 2019). Devido ao destaque da IC, algumas NR's se aplicam especificamente às atividades do setor, estabelecendo requisitos mínimos de desempenho e segurança, medidas de proteção, limites de exposição e tolerância e outras exigências relacionadas à gestão de SST nos ambientes da construção.

Embora existam as NR's, os números de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais da IC permanecem elevados, sobretudo por conta de os trabalhadores do setor estarem mais vulneráveis à negligência quanto ao cumprimento das normas,

principalmente pela comum situação de informalidade no setor. A ausência de vínculo formal entre os trabalhadores e construtoras, incorporadoras ou construtores independentes é motivada pela subcontratação, terceirização, alta rotatividade, qualificação não padronizada e mal planejamento de obras (CBIC, 2019, p. 83). Além disso, as próprias características específicas da IC (atividade comum em trabalho em altura, esforço físico excessivo, ambientes com ascensão de material particulado, exposição a vibrações, entre outros) acabam por causar e/ou agravar as doenças ocupacionais que, muitas vezes, por conta da informalidade no setor, prejudicam a sua precisa identificação e registro dada a ausência de exames admissionais, demissionais e correta comunicação de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais.

No cenário descrito, observa-se ainda que não há grande esforço por parte dos financiadores da IC em alterar o cenário, se considerarmos que a indústria continua como uma das mais perigosas. Acidentes de trabalho causam não somente inconvenientes como a interrupção das atividades produtivas, gastos com despesas médicas do acidentado e multas contratuais: os trabalhadores sofrem com a instabilidade emocional após o evento, reduzindo a qualidade de vida e produtividades dos colaboradores (SESI, 2015). A Organização Internacional do Trabalho prevê que 4% do Produto Interno Bruto de países industrializados é desperdiçado com custos mitigadores e doenças ocupacionais (CBIC, 2019).

2.2 Virtual design and construction na IC

O conceito de *Virtual Design and Construction* (VDC) foi desenvolvido pela Universidade de Stanford sob a ótica conceitual do uso de ferramentas multidisciplinares de projeto e construção para a integração entre os diversos atores envolvidos nesse processo, com o objetivo de utilizar modelos virtuais em que seja possível simular os complexos processos de construção, analisando, entendendo e identificando todas as situações envolvidas em um ambiente virtual antes de um projeto tomar forma no mundo real (KHANZODE et al, 2006).

Na IC, a área de gestão de riscos orientada pelo conceito de VDC está em expansão, associado aos demais conceitos relacionados com a virtualização de informações sobre as edificações tais como a modelagem tridimensional, o uso de realidade virtual (VR) e aumentada (AR), gamificação, impressão 3d, *Clash Checking*, *Code checking*, verificação de interferências e conflitos com normas, entre outras aplicações que se relacionam com etapas de projeto, métodos de ensino, capacitação e conscientização dos riscos (ZOU et al, 2017).

Os estudos sobre VDC apontam que os métodos tradicionais de projetos são extremamente fragmentados e que processos importantes como a verificação de interferências, revisão e correção de projetos e documentações realizadas em 2D acabam por gerar altos custos financeiros pelo tempo desperdiçado, mão de obra envolvida e

problemas de interoperabilidade. Por meio da aplicação dos conceitos de VDC, sobretudo o de utilização de modelagem computacional tridimensional, os conteúdos gerados se tornam muito mais acessíveis e compreensíveis, criando maior integração entre os membros de equipes multidisciplinares e possibilitando a visualização de problemas antecipadamente, diminuindo assim o tempo latente de tomada de decisões (KUNZ e FISCHER, 2012).

A eficiência do uso do VDC pautado na utilização de modelos tridimensionais paramétricos não somente traz ganhos de tempo, mas também de gestão ao processo. Ao se adicionarem parâmetros de informações nos modelos de construção, cria-se a necessidade de que todas as informações sejam imputadas nas ferramentas de modelagem utilizadas, resultando em ações programadas, padronizações e revisões constantes. Dessa forma, a Modelagem de Informações da Construção confere mais dimensões de atuação e controle dos gerenciadores, criando mecanismos de atuação mais efetivos nos projetos de construção, organização dos processos construtivos e até mesmo gestão da operação das edificações, onde são integradas diversas documentações técnicas desejáveis ao longo da condução do processo.

Embora o conceito de VDC traga inúmeros ganhos reconhecidos ao processo de gestão e coordenação dos projetos de construção, destaca-se que a sua adoção passa por diferentes níveis de maturidade que demandam uma série de reflexões internas sobre a sua proposta de valor em cada organização. Esse processo normalmente é desdobrado de maneira incremental passando por etapas que demandam um grande engajamento corporativo para que os objetivos de implementação sejam alcançados (KUNZ e FISCHER, 2012).

2.3 Building Information Modeling (BIM)

O *Building Information Modeling* (BIM) é um conceito de desenvolvimento de projetos com modelos virtuais e paramétricos que retêm tanto informações geométricas como também características próprias dos elementos tais como sua composição, suas propriedades, sua aparência, entre outras informações que possibilitam a realização de operações de visualização, análise, simulação e quantificação dos elementos envolvidos na construção (EASTMAN, 2014). Essencialmente, todas essas características da modelagem transformam os projetos de construção em bancos de dados digitais estruturados e integrados à construção (KENSEK, 2018). As informações contidas nos modelos BIM podem ter diversas aplicações, sejam geométricas, como por exemplo a identificação de interferências entre projetos com auxílio de softwares especializados (*clash checking*) ou de caráter mais geral como o planejamento e identificação de processos construtivos e a identificação de seus riscos, sejam econômicos ou sociais.

Para a elaboração de modelos paramétricos o mercado oferece diversas soluções e ferramentas que trabalham com os conceitos BIM, criando a necessidade de que se tenha formas de se relacionar as informações ao longo do ciclo de vida da edificação de maneira

interoperável. Esta interoperabilidade pode ser definida como “a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão” (EASTMAN, 2014, p. 65). O formato de intercâmbio mais utilizado e mais intercambiável entre os diversos softwares existentes é o *Industry Foundation Classes* (IFC), um formato aberto e neutro que permite que a informação seja traduzida nas diversas aplicações existentes e possa transitar durante o ciclo de vida de um projeto entre os diversos atores envolvidos no processo, independente da organização que se situem ou das ferramentas que se utilizam.

Ambos os autores Eastman (2014) e Kensek (2018) demonstram em seus trabalhos as potencialidades do conceito e a sua forma flexível de intercambiar informações, o BIM transformou a maneira como os requisitos básicos de um projeto são tratados, sendo elencados os seguintes resultados positivos: estudos de viabilidade mais precisos, o aumento no rigor da verificação de interferências, integração entre os projetos arquitetônico e complementares, a compreensão potencializada do modelo virtual pelos clientes devido a utilização de ferramentas como a realidade virtual e aumentada, entre outros.

Importante ressaltar as diferenças conceituais entre BIM e VDC, uma vez que a modelagem de informações representa apenas uma pequena porção de toda a perspectiva acerca de um projeto e das informações nele envolvidas, sendo o VDC todo o conjunto de métodos e práticas integradas que amparam todo o processo de gerenciamento de um projeto (KUNZ e FISCHER, 2012).

Apesar das diferenças, assim como no conceito de VDC, para o BIM também são elencados níveis de maturidade para sua adoção. Succar (2009) determinou quatro etapas de maturidade para adoção do BIM. Partindo-se do estágio denominado “pré-BIM”, em que as equipes se utilizam precipuamente de documentações 2D para descrever os processos de construção, o autor indica como se dá o processo de evolução dos fluxos de modelagem, colaboração, integração e interoperabilidade, até atingirem o estágio onde há a maximização do valor gerado em um processo capaz de integrar pessoas, tecnologias, processos e práticas entre as organizações envolvidas.

2.4 Design for Safety (DFS)

O conceito de *Design for Safety* (DfS) é pautado na ideia de se realizar a prevenção de riscos ainda na fase de projeto por meio da participação ativa de Arquitetos e Engenheiros, propondo soluções integradas à gestão de segurança ainda nas fases conceituais e de desenvolvimento das soluções (TOOLE e GAMBATESE, 2008).

Muitos são os estudos desenvolvidos no sentido de se propor indicadores (SADEGHI et al, 2015), metodologias de avaliação (GANGOLELLS et al, 2010) e estudos experimentais de viabilidade e eficiência (GAMBATESE et al, 2005) da aplicação do DfS. Em uma amostra de 224 investigações de acidentes fatais, Behm (2005) constatou que cerca de 42% deles poderiam ter sido evitados com a utilização do conceito de DfS.

A Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e Trabalho concluiu que aproximadamente 60% dos incidentes fatais na IC resultam de decisões de operação e projeto equivocadas, ambas anteriores à execução (EUROPEAN FOUNDATION FOR THE IMPROVEMENT OF LIVING AND WORKING CONDITIONS, 1991, p. 29). A utilização do conceito de DfS e a participação ativa dos profissionais da área de SST junto às equipes de projetistas, detectando e prevenindo riscos nas etapas iniciais de concepção construtiva pode ser empregada para melhoria desse cenário.

Por se mostrar tão importante, o conceito de DfS foi incorporado às legislações locais de países como o Reino Unido em que se configura como responsabilidade dos projetistas envolvidos eliminar (ou mitigar quando da sua impossibilidade) os riscos de saúde e segurança nas fases de projeto (HSE, 2015, p. 7). Em Singapura também se estabeleceu como responsabilidade dos envolvidos na concepção projetual identificar e comunicar os riscos envolvidos durante a vida útil de um projeto, havendo ainda a necessidade de se ter um “DfS profissional” responsável por acompanhar todo o plano de gestão e acompanhamento dos riscos comunicados ao longo do processo (WSHC, 2016, p. 13). Anteriormente a este período, verificou-se também em Singapura que 51,81% dos profissionais de SST raramente eram procurados para implementar medidas de segurança nos estágios iniciais de desenvolvimento projetual e 63% consideram que os clientes evitam a inserção de DfS no projeto por questões de custo (Goh e Chua, 2016).

Um claro exemplo da falta de aplicação do conceito de DfS no Brasil pode ser ilustrado por meio das questões relacionadas ao trabalho em altura, que representa parcela significativa nas taxas de acidentes na IC. A regulamentação do trabalho em altura no Brasil está especificada na NR 35 que indica os requisitos mínimos e as medidas de proteção que almejam a segurança dos trabalhadores, entre eles o treinamento de capacitação dos funcionários, ações que diminuem o risco de queda e os danos potenciais. Considerando que o trabalho em altura é realizado em diversas fases do ciclo de vida de uma edificação (e ainda periodicamente durante a operação), devem ser previstos elementos de ancoragem para engate do equipamento de proteção individual (cinto trava quedas) durante a execução das atividades.

Embora existe essa necessidade, a análise dos projetos existentes revela a ausência de soluções que considerem tais sistemas nas fases de concepção, gerando riscos e potenciais acidentes. A ausência de pontos de ancoragem suficientes na cobertura das edificações mais antigas e em edificações novas de menor porte aumentam o risco de acidentes durante a manutenção de fachadas e coberturas (MELO FILHO, 2012). Em algumas situações, detalhes arquitetônicos dificultam o acesso aos sistemas de ancoragem. Dessa forma, o exemplo da precariedade do trabalho em altura na IC demonstra a fragilidade da implantação de medidas obrigatórias de segurança em obras. Logo, é necessária a introdução de instrumentos de checagem de requisitos mínimos de proteção em todo o ciclo de vida da edificação para evitar erros de concepção que, posteriormente, possam

colocar em risco a integridade física dos trabalhadores, tendo como objetivo um programa já orientado para a proteção de todos os usuários.

2.5 Relação entre DFS E VDC

Uma vez que o conceito de DfS é baseado em análises realizadas desde as fases preliminares de concepção de projetos, é possível visualizar uma profunda relação com VDC. Os métodos, formas de gerenciamento e uso de ferramentas de digitalização presentes no VDC podem amparar processos de trabalho na identificação de riscos de maneira preliminar nos projetos de edificações.

Baseando-se nesses princípios, muitos são os estudos referentes à utilização de técnicas de virtualização e tecnologias relacionadas para a concepção de projetos e gestão de edificações mais seguras, destacando a revisão sistemática promovida por Zhou (2012) em que são elencadas e conceituadas as principais ferramentas e tecnologias utilizadas, tais como a modelagem de informações da construção (BIM), uso de realidade virtual e aumentada, rastreamento de objetos, laser scanning, entre outras. Destaca-se ainda o trabalho promovido por Guo et al (2017), que realiza ampla análise de mais de 78 artigos relevantes publicados entre 2000 e 2015 com aplicações práticas da utilização de tecnologias de visualização para a gestão de saúde e segurança do trabalho.

Em um experimento realizado pelo Instituto de Tecnologia de Israel foram reunidos 61 profissionais da área da construção civil, estudantes de engenharia, supervisores de construções e diretores de companhias de SST. Os 61 participantes foram divididos em dois grupos de 28 e 33 para analisar situações perigosas por ferramentas de simulação em 3D e por métodos tradicionais (documentação e fotografias) respectivamente. A pesquisa averiguou que o número de eventos perigosos em canteiros identificados corretamente foi maior no grupo que utilizou ferramentas de visualização em 3D do que o grupo que utilizou ferramentas tradicionais (BARAK et al, 2014).

No Brasil, a difusão das alternativas de concepção em VDC ainda é limitada, observando-se apenas o uso e difusão dos conceitos BIM ainda em baixo de maturidade, com maior enfoque nas etapas de documentação e não no potencial completo que o conceito oferece. O mercado da IC brasileira, desde os anos 2000, intensificou a exigência por especialistas habilitados no desenvolvimento e gerenciamento de projetos otimizados pela utilização de métodos VDC. Conseqüentemente, a inserção de disciplinas direcionadas para o aprendizado dos instrumentos de modelagem 3D e BIM no ensino superior cresce gradativamente. A tendência da abordagem do ensino no contexto internacional ocorre desde 2003, envolvendo a mudança de paradigma para uma transformação de perspectiva dos processos de concepção e gestão de projetos. A implantação do BIM em universidades brasileiras está em ritmo gradual e pouco efetivo devido as dificuldades de compreensão da academia da estrutura mais horizontalizada de idealização da edificação e de seus projetos, dificultando as revisões curriculares necessárias para a capacitação de profissionais introduzidos no mercado nacional e internacional (RUSCHEL et al, 2013).

Embora a demanda por profissionais e capacitação seja ainda incipiente, a tendência é de crescimento nos ambientes acadêmicos e profissionais, sobretudo por conta da oficialização do Decreto nº 9,377 que instituiu em 17 de maio de 2018 a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no país, que estabelece marcos temporais para a completa adoção do BIM enquanto política de Estado.

3 | METODOLOGIA

O artigo consiste em uma pesquisa exploratória de natureza aplicada que busca tornar o problema mais explícito, descrevendo as características de uma determinada população ou fenômeno (GIL, 2017, pp 42) e cujo objetivo principal foi a verificação de aplicabilidade dos conceitos estudados por meio da análise de situações reais já idealizadas (estudos de caso). O processo de pesquisa foi segmentado em três etapas, sendo a primeira delas o levantamento bibliográfico para embasamento teórico e conceituação do tema, tendo como base os materiais mais relevantes sobre os assuntos pesquisados, consultando-se em particular periódicos internacionais, eventos científicos, livros e manuais técnicos.

Após a delimitação do tema, para a melhor compreensão do cenário nacional atual de disseminação e uso dos conceitos estudados, foi elaborado um questionário, aplicado on-line, em que se levantaram informações a respeito da familiaridade com os conceitos, a aplicação deles na atividade profissional, ferramentas mais utilizadas, maturidade dos processos e a consideração sobre a relevância do papel de profissionais de SST nos processos de planejamento e concepção de projetos.

A partir desses dados primários levantados, foi realizada a terceira etapa da pesquisa, que consistiu na investigação de estudos de caso publicados em periódicos internacionais, dissertações de mestrado e outros disponíveis na comunidade acadêmica para analisar a viabilidade de aplicação no nosso panorama nacional.

Como resultado, foi realizada uma análise crítica entre os resultados do questionário aplicado e dos estudos de caso levantados para identificar a viabilidade de adaptação dos modelos propostos para o contexto brasileiro atual, motivando a realização de novas pesquisas para o estudo de aplicações dos conceitos de convergência de SST, VDC e DfS.

4 | LEVANTAMENTO DE DADOS – QUESTIONÁRIO APLICADO

Para melhor entender o cenário atual de difusão de conceitos relacionados ao uso de ferramentas de visualização/digitalização na construção (sobretudo o uso de BIM), bem como a sua aplicação para identificação de riscos de SST (conceito de DfS), foi elaborado um questionário web divulgado em canais diversos de comunicação para captação de dados relacionados ao mercado nacional. Os resultados aqui apresentados consideraram as respostas coletadas no período de 04/10/2018 a 29/05/2019 e que contou

com a colaboração de um total de 115 respondentes. Os dados obtidos foram consolidados através da utilização da ferramenta Microsoft Power BI, sintetizando informações em gráficos e elementos de fácil compreensão em que se torna possível realizar análises e interações diversas.

O questionário elaborado foi direcionado ao público geral da IC, que foi segmentado em três categorias fundamentais: profissionais gerais da IC, profissionais de SST e estudantes. Para os participantes foi questionado ainda se já atuavam profissionalmente, não tendo sido consideradas para fins de análise os dados dos respondentes que declararam não exercer atividades profissionais, resultando em um total de 107 dados aproveitados.

Importante ressaltar que o questionário formulado partiu do princípio de autodeclaração das informações, não havendo recursos suficientes para a validação das respostas. Entre os dados recolhidos no período, 53,27% declararam ser profissionais gerais da IC, 42,99% profissionais de SST e 3,74% estudantes. Deste total, 64,49% afirmaram conhecer ou estarem habituados com o conceito do que é BIM e de suas potenciais aplicações e, dentre estes, 35,51% declararam utilizar ferramentas de trabalho BIM (Figura 1), sendo o software Autodesk Revit o mais citado entre as respostas.

A partir da segmentação dos dados por meio de filtros específicos, foi possível realizar análises mais elaboradas como, por exemplo, a comparação de resultados entre o público de profissionais gerais da IC e dos profissionais de SST.

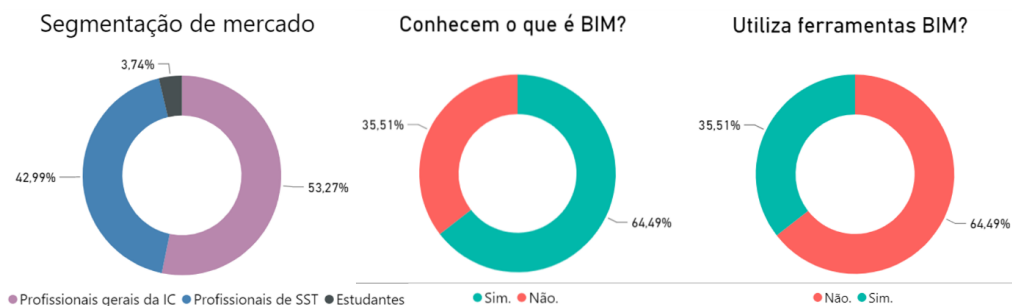


Figura 1: Características gerais dos dados referentes à segmento de atuação e conhecimento em BIM

Fonte: Autores (2019)

Ao se avaliar as respostas à pergunta “Você conhece e/ou está habituado com o conceito do que é Building Information Modeling (BIM) e de quais as suas potenciais aplicações?” observou-se que 87,72% dos profissionais gerais da IC declararam conhecer ou estar habituados com o conceito BIM, enquanto este valor é de apenas 34,78% quando analisado o público de profissionais de SST. Ao se analisar as respostas relacionadas à utilização de ferramentas BIM por estes segmentos de respondentes, enquanto 57,89%

dos profissionais da IC declararam utilizar algum tipo de ferramenta, este valor é de apenas 8,7% para os profissionais de SST (Figura 2).

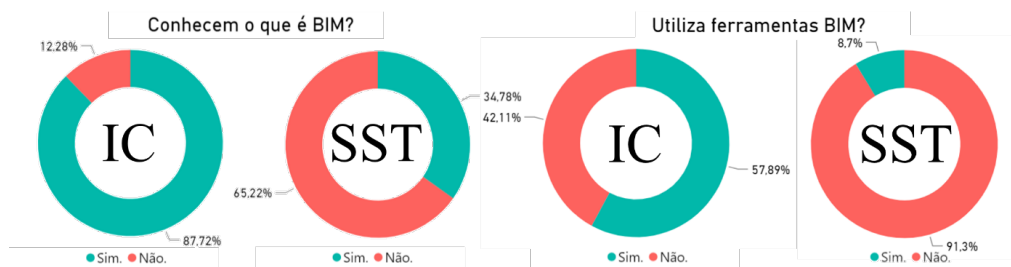


Figura 2: Conhecimento e utilização do BIM por segmento de atuação

Fonte: Autores (2019)

A grande discrepância nos resultados entre os segmentos de público analisados permite inferir que o conceito BIM ainda é pouco difundido entre os profissionais de SST, o que traduz um ponto de atenção, uma vez que estes profissionais possuem papel de destaque e liderança quando se almeja a aplicação do conceito de DfS.

Uma segunda análise foi conduzida a fim de se aprofundar acerca dos dados referentes aos participantes que declararam utilizar algum tipo de ferramenta BIM. Analisando este segmento de respondentes, composta por 38 participantes, foi averiguado que 42,11% possuem menos de 30 anos e que 39,47% atuam individualmente (Figura 3). Estes dados reforçam pesquisas relacionadas à introdução de práticas em BIM nas universidades nacionais a partir de 2009 (RUSCHEL et al, 2013), indicando que os profissionais egressos das universidades nos últimos 10 anos possuem maior intimidade com o conceito e o uso de ferramentas.

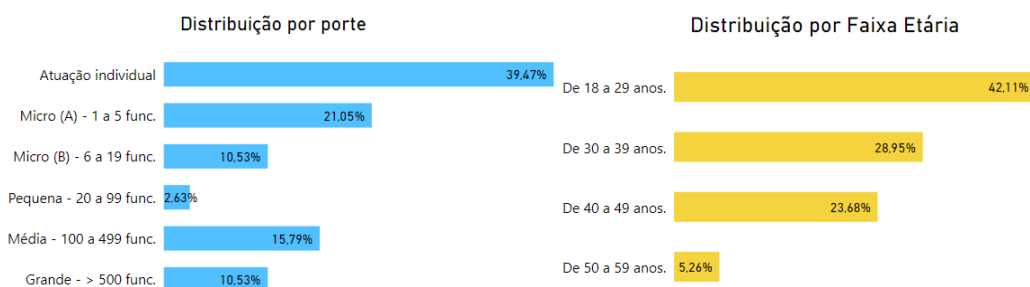


Figura 3: Características dos respondentes que declararam utilizar ferramentas BIM

Fonte: Autores (2019)

Por fim, para todos os grupos de respondentes foram realizadas perguntas com o objetivo de se realizar uma análise de sensibilidade quanto à importância do envolvimento de profissionais de SST nos processos de planejamento de projetos, bem como sobre a relevância da identificação de fatores de riscos e previsão de investimentos relacionados à SST.

Utilizando-se uma escala de 0 (sem relevância) a 5 (extrema relevância), foi constatado um valor médio de 4,4 sobre a importância do envolvimento de profissionais de SST durante o planejamento de projetos. Com relação à relevância acerca da identificação de riscos e investimentos relacionados à SST ainda nas fases de projeto, a média das respostas produziu um índice de 4,7. Esta análise suscita o conhecido fato de que a IC ainda pauta o interesse de suas ações, sobretudo, em aspectos relacionados essencialmente a custos e investimentos.

5 | LEVANTAMENTO DE DADOS – ESTUDOS DE CASO

5.1 Estudo de Caso 1: Biblioteca de Conhecimento DFS

O primeiro estudo de caso analisado (HOSSAIN et al, 2018) foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental associado ao Departamento de Construção da Faculdade de Design e Meio Ambiente, ambos da Universidade Nacional de Singapura, local onde há registros de várias publicações de pesquisas relacionando o uso de modelagem de informações da construção e DfS desde 2011.

A pesquisa, nomeada “*Design-for-Safety knowledge library for BIM-integrated safety risk reviews*”, descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento de um sistema que consiste em uma biblioteca de conhecimentos DfS que reforça a participação de projetistas como protagonistas na contribuição para a redução de riscos envolvidos na fase de construção, utilizando modelos BIM como fonte de informações para análises de riscos.

Para a construção da biblioteca, os autores utilizaram uma sistemática de categorização (taxonomia) em 6 níveis idealizado para a estruturação das regras de segurança, partindo-se do nível 1, mais abrangente e referente ao tipo de disciplina de projeto (Arquitetura, Estrutura, Instalações, etc.), passando por níveis relacionados aos elementos, às fases de aplicação dos serviços (construção, operação ou manutenção), restrições de parâmetros dos elementos (físicos, materiais, propriedades, etc.), riscos associado à condição de restrição e, finalmente, as ações necessárias para mitigar os riscos (nível 6).

Para a estruturação do conhecimento dessa biblioteca, os autores realizaram grupos focais de discussão junto à especialistas das áreas de Arquitetura, Engenharia, Construção e Segurança do Trabalho em que os participantes foram suscitados a discutirem e identificarem os principais riscos de segurança associados a projetos de construção (baseando-se na classificação taxonômica criada) e como tratar tais riscos ainda durante a fase de concepção.

A partir dessa intensa coleta de informações junto aos especialistas, os autores puderam organizar e gerenciar as regras DfS levantadas, estruturando-as em formato de dados agrupados e divididos em três categorias específicas e baseadas na sua forma de estruturação (características dos riscos, restrições dos elementos, entre outros). Após isso, foi construído um sistema para imputar os dados das regras DfS levantadas, criando um banco de dados estruturado para criação de seis bibliotecas de conhecimento.

Após a estruturação e desenvolvimento do sistema, a sua aplicabilidade foi testada em um projeto piloto em que foi utilizado o conceito BIM, tornando possível a utilização da biblioteca de conhecimento para a identificação de riscos de maneira otimizada. Uma vez identificados os riscos, o sistema permite a criação de registros, proposição de ações mitigadoras e estruturação de ações de gestão de SST para a fase de execução. A Figura 4 ilustra os componentes chave de funcionamento do sistema e um exemplo de aplicação.

O sistema desenvolvido e a biblioteca de conhecimento geradas foram apresentados aos participantes dos grupos focais e também especialistas da IC, revelando grande interesse dos profissionais na utilização da ferramenta, comprovando a sua viabilidade como instrumento de potencialização de uso do conceito de DfS. Ao submeter o trabalho, os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

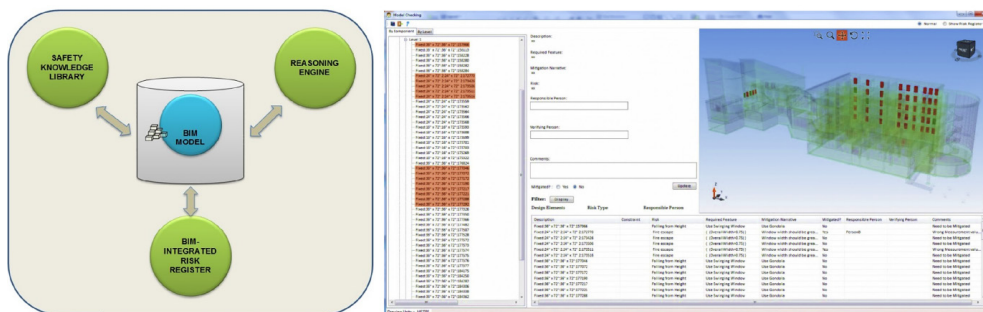


Figura 4: Registro de riscos para o exemplo de caso.

Fonte: GOH *et al* (2018)

5.2 Estudo de Caso 2: Visualização, Capacitação e Inspeção de Riscos

O Sistema de gestão de segurança e visualização (SMVS) foi desenvolvido na Faculdade de Arquitetura e Ciências da Edificação da Universidade Chung-Ang, em Seul, Coreia do Sul. O artigo “*A framework for construction safety management and visualization system*” (PARK e KIM, 2013) estuda a integração de técnicas de virtualização como o BIM, realidade aumentada (AR), realidade virtual (RV) e tecnologias de jogos digitais para a análise e identificação de riscos de SST.

Foi desenvolvido um protótipo a ser aplicado em três fases típicas do processo de gestão de segurança identificadas pelos autores: Módulo de Planejamento (*Planning module*), Módulo Educacional (*Education module*) e Módulo de Inspeção (*Inspection module*). Os três módulos desenvolvidos foram então integrados por meio de uma plataforma de visualização (*Visualization engine*) composta de submódulos com finalidades específicas, tais como suporte à utilização de modelos BIM (*graphic library*), sistemas de localização e posicionamento (*location tracking system* e *location database*), identificação de usuários (*user identification* e *user database*) e o sistema de visualização (*visualization engine browser*). Todos os módulos considerados se conectam ao sistema de visualização por meio de comunicação wireless e internet local.

De maneira sintetizada, no módulo de planejamento, partindo-se de documentações técnicas como cronogramas e modelos BIM os agentes responsáveis pela gestão de SST do projeto realizam a identificação de riscos, criando os inputs que fomentaram as ações dos módulos subsequentes. No módulo educacional, a partir dos riscos identificados, são elaborados jogos de perguntas e respostas (*question and answer game – QAG*) em que os trabalhadores são submetidos virtualmente (RV) a situações para analisar o seu comportamento e cognição frente aos riscos, criando uma experiência prévia às atividades de execução, em que as atividades de circulação e localização do trabalhador no modelo gráfico são rastreadas e armazenadas para criar históricos sobre as interações a que foi submetido. Por fim, no módulo de inspeção é possível que, já in loco e durante as atividades de execução, os inspetores de segurança possam checar condições em campo, interagindo com o modelo virtual por meio de realidade aumentada (AR) e dispositivos móveis, em que, utilizando informações de rastreamento, são atualizadas informações no modelo para utilização nos módulos de educação e inspeção, retroalimentando o processo e criando os registros de informação necessários.

O protótipo do SMVS foi testado em uma situação real em que já havia sido relatada uma ocorrência de acidente de trabalho relacionada a quedas e na qual os gestores de SST buscavam uma nova abordagem tecnológica para gestão dos riscos. Após o teste, os autores coletaram a opinião dos usuários que concordaram que a ferramenta desenvolvida é aplicável durante a fase de execução e que pode efetivamente auxiliar nos processos de identificação, comunicação e gestão de riscos de SST em um projeto. A Figura 5 ilustra de maneira geral e sintética o framework de aplicação e estruturação do projeto.

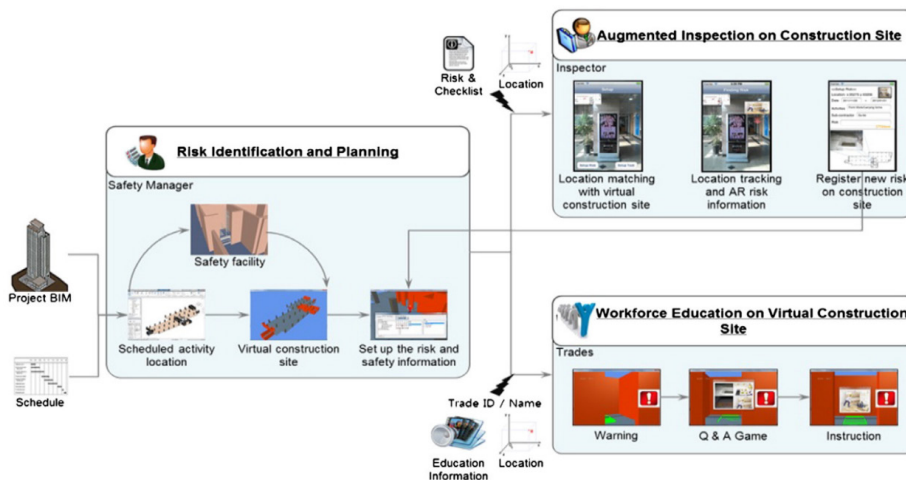


Figura 5: Fluxo de informações para estruturação do sistema desenvolvido.

Fonte: PARK *et al* (2013)

5.3 Estudo de Caso 3: Modelagem Computacional para Gestão de SST

O caso de implementação do BIM na construtora Bouygues HAS (MATOS, 2014) foi apresentado como uma dissertação de mestrado em que há interessantes contribuições acerca da utilização da modelagem para a gestão de SST. A empresa em questão possui várias filiais, sendo uma delas a Bouygues Bâtiment IdF Habitat Social, que atua em obras de edifícios de natureza pública. Nesta filial coexistem diversos setores responsáveis por atividades técnicas específicas e que colaboram entre si ao longo de um projeto. Em 2011, uma parceria estratégica foi firmada entre a construtora e a empresa Autodesk para a implantação de BIM em seus serviços, com o intuito de trazer ganhos referentes à completa transformação dos processos projetuais e de trabalho colaborativo entre os atores envolvidos.

Entre as diversas ações e estratégias de implantação da Bouygues HAS para o uso do BIM, destaca-se a criação de uma sistematização de padronização das formas de projeto (*template*) e um conjunto de bibliotecas de elementos (famílias) nativos do software Autodesk Revit. Estes elementos foram desenvolvidos para atender às especificidades dos projetos da empresa, destacando-se os elementos modelados para atender às demandas dos planos de execução de obras e elaboração das plantas de segurança, que envolvem questões gerais relacionadas à logística de obra (acessos de pessoas e equipamentos, carga e descarga, montagens e desmontagens, implantação das gruas, áreas de vivência entre outras.

O trabalho discutido analisou um estudo de caso de implantação do processo de modelagem em um edifício no município de Fleury Mérogis, sul de Paris, com cinco pavimentos e um 6º piso para garagem, sendo este o primeiro projeto da construtora em que foram utilizados tais processos de trabalho. Após a realização do estudo foi constatado que a implantação do BIM trouxe não apenas bons resultados relacionados à qualidade da execução de suas obras, mas também uma nova forma de se trabalhar e conceber edifícios. O uso do Autodesk Revit nesse projeto se mostrou uma ferramenta muito útil na facilitação da comunicação e interpretação dos processos construtivos, sobretudo, das questões de SST, sendo possível produzir modelos de proteções coletivas padronizadas e utilizadas rotineiramente pela empresa, estudar o posicionamento de guias e demais informações de relevância e impacto quando da execução da obra, tal como ilustrado na Figura 6.

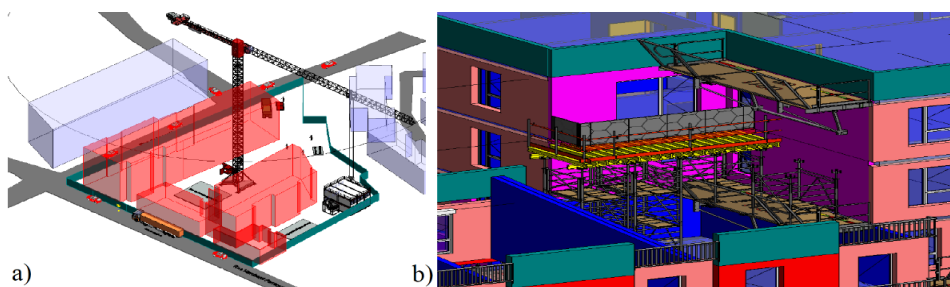


Figura 6: Modelagem dos equipamentos e instalações de canteiro relacionados à SST

Fonte: MATTOS (2014)

6 | DISCUSSÕES

Os estudos de casos, embora possuam abordagens e utilização de ferramentas e tecnologias distintas, giram em torno do conceito de DfS com o objetivo de se realizar a identificação e análise de riscos nas fases de concepção. Nos três casos analisados, pode-se encontrar conceitos diretamente relacionados a VDC em que houve a utilização de tecnologias e ferramentas específicas em diferentes graus de implementação e onde foi possível demonstrar que as técnicas de visualização auxiliaram os membros a visualizar e identificar os riscos mais facilmente.

No primeiro caso analisado, relacionado à criação da biblioteca de conteúdo para auxiliar na identificação de riscos na fase de projeto, é possível constatar que as técnicas de virtualização contribuíram de maneira expressiva com os resultados, embora para isso tenha sido necessária a realização de uma prévia estruturação dos dados baseada no conhecimento de especialistas do setor e a utilização de modelagem BIM. Dessa forma,

entende-se que esses seriam os dois requisitos fundamentais para sua aplicabilidade no cenário nacional.

Com relação à estruturação de conhecimentos, destaca-se que o Brasil possui a formação específica de profissionais especialistas em SST e que existe atualmente uma normatização bastante completa que estabelece os requisitos gerais de segurança na IC. A existência das NR's já fornece uma quantidade significativa de parâmetros para construção da biblioteca de conhecimento nacional, havendo ainda a existência de materiais complementares, como, por exemplo, os manuais de SST de referência da Fundacentro (2019). Ponto de atenção deve ser levantado com relação aos modelos BIM a serem utilizados, uma vez que o nível de conhecimento e maturidade dos respondentes pode induzir ao fato de que os modelos gerados atualmente no cenário nacional ainda não atendam requisitos de qualidade bem definidos.

No segundo estudo, a proposta do SMVS é mais ampla e abrangente, atingindo maior gama de profissionais, utilizando para isso uma maior diversidade de tecnologias e plataformas de visualização que possibilitam maior interação na identificação de riscos. Um dos fatores limitantes de viabilidade para aplicação no Brasil é a necessidade de investimento em capacitação para o uso de dispositivos móveis na gestão da obra e investimento de capital na compra e manutenção desses dispositivos (ANDRADE et al, 2015). Embora crescente, o uso de tecnologias mobile ainda é pouco usual em obras do mercado nacional. Em 2013, a Construtora Flechal empregou em canteiro o módulo de qualidade desenvolvido pela Mobuss Construção, que utilizou tablets para controle de atividades em canteiro. Segundo a desenvolvedora da solução, a experiência gerou redução de retrabalhos em até 70% (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2019), mostrando que os ganhos potenciais podem ser ampliados muito além da gestão de SST.

O terceiro estudo, que demonstra a implantação do BIM em um caso na França, mostra a importância de se trabalhar em processos de trabalho colaborativos que considerem todas as disciplinas, incluindo as atividades de gestão de SST que comumente é postergada para a fase de execução quando se trata do cenário brasileiro. O desenvolvimento de templates e famílias a partir do software Autodesk Revit mostra alinhamento com o que se obteve de dados no questionário realizado, uma vez que o software é o mais citado entre aqueles que declararam já utilizar ferramentas BIM, mostrando ser viável a utilização da solução para auxílio nas decisões de SST desde que amadurecidos os processos de trabalho e gestão. Ponto de atenção se faz mencionar ao fato de que no caso francês, as famílias de elementos de SST foram desenvolvidas por conta da existência de produtos padronizados e rotineiramente utilizados nas obras da empresa, o que não é muito comum no cenário nacional, uma vez que, no Brasil, há grande variabilidade de soluções empregadas. Em muitos casos os equipamentos de proteção coletiva são confeccionados in loco e de maneira artesanal, dificultando a implantação de tais ações e exigindo maior padronização e industrialização na cadeia de suprimentos que atende a IC.

Para facilitar a compreensão acerca dos estudos de caso averiguados e sua análise crítica frente ao cenário levantado por meio do questionário, foi confeccionada a tabela 1, que sintetiza as informações e indica ainda as oportunidades para o desenvolvimento de novas pesquisas que possam motivar a elaboração de estudos experimentais para tratarem da viabilidade de aplicação de conceitos VDC e DfS na identificação de riscos baseados na realidade nacional.

Caso	Síntese	Cenário Estudado	Oportunidades
5.1 Hossain <i>et al</i> (2018)	Criação de uma biblioteca de conhecimento integrada para análise e identificação de riscos de projeto em um sistema baseado em modelagens da construção (IFC).	NR's e recomendações complementares dão suporte para levantamento de requisitos de segurança. Profissionais ressaltam a relevância de se prever os investimentos de SST ainda na fase de projeto. Nível de maturidade de uso do BIM ainda é baixo.	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento de referências normativas para a construção de uma biblioteca de conhecimento especializada para o contexto nacional atual; - Desenvolvimento de sistemas para checagem automática de regras DfS em modelos BIM.
5.2 Park <i>et al</i> (2013)	Sistema de visualização e gestão da segurança que usa ferramentas de visualização e imersão (VR, AR), baseado em modelagem de informações dos projetos para a identificação de riscos, sendo utilizada ainda para instrução dos trabalhadores e inspeção <i>in loco</i> .	Uso de dispositivos e tecnologias mobile ainda muito incipiente no Brasil. Necessidade de investimento na capacitação dos colaboradores no uso dos dispositivos móveis, investimento de compra e manutenção dos mesmos dispositivos (ANDRADE <i>et al</i> , 2015).	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo da metodologia de ensino e capacitação de colaboradores; - Aperfeiçoamento de tecnologias; - Estudos de caso sobre a implantação de tecnologias mobile em canteiros para gestão de SST; - Estudos de <i>payback</i> de investimento em processos inovadores de gestão em SST.
4.3 Mattos (2014)	Utilização do software Autodesk Revit na implantação do conceito BIM em uma grande construtora francesa, com destaque para a criação de famílias de elementos voltados à gestão de SST, auxiliando na visualização e identificação de riscos antecipadamente à fase de execução.	O software utilizado no estudo de caso possui boa difusão no mercado nacional. Não existem normatizações específicas sobre o uso de proteções coletivas que amparem a construção de uma biblioteca de famílias BIM padronizada. Há estímulo de políticas públicas ao desenvolvimento da Biblioteca Nacional BIM (BRASIL, 2018).	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa de requisitos para normatização de EPC fabricados em canteiros; - Criação de diretrizes para a criação de uma biblioteca de famílias BIM – SST nacional.

Tabela 1: Síntese de casos estudados e possibilidades de pesquisa.

Fonte: Autores (2019)

7 | CONCLUSÃO

O conceito de DfS é extremamente importante e relevante como instrumento para a diminuição do elevado número de acidentes que ocorrem na IC. As utilizações do VDC em diversas fases do ciclo de vida de um projeto podem alavancar a utilização do conceito DfS e contribuir ativamente para a sua difusão, sendo as tecnologias de modelagem (BIM) e visualização (VR, AR) mecanismos eficientes para a sua aplicação prática. Embora os

ganhos sejam notórios, há ainda a necessidade de que se tenha um cenário favorável ao seu uso, o que envolve a necessidade de amadurecimento quanto aos processos de trabalho e difusão do uso de tecnologias e conceitos na identificação de riscos de SST nos projetos de construção.

Ao se estudar casos de referência internacional foi possível reunir materiais que apontam para diversas iniciativas propondo soluções que aliam princípios de VDC e DfS, mas que devem ser analisados com cautela quanto à sua aplicabilidade em cenários distintos, uma vez que o grau de maturidade de implantação de processos e tecnologias pode impactar sensivelmente a sua viabilidade.

A utilização do questionário possibilitou realizar uma análise crítica mais embasada sobre a aplicabilidade dos conceitos estudados no panorama nacional, bem como indicar lacunas com relação a novas possibilidades de estudo. Foi possível perceber que o mercado brasileiro se encontra em fase de amadurecimento, sobretudo em relação ao uso do BIM. Destaca-se que o último atua como elemento norteador para a aplicação de ferramentas e tecnologias mais rebuscadas, tornando possível se aproximar de um conceito mais amplo como é o caso do VDC.

Os dados revelaram que os profissionais mais habituados aos conceitos são ainda jovens e possuem dificuldade de encontrar parceiros que trabalhem com processos mais inovadores. O fato de a adesão ser crescente entre os profissionais menos experientes indica que o BIM ganhará ainda mais espaço no mercado futuro. A análise revelou ainda que os profissionais especialistas em SST conhecem pouco sobre o tema e suas potencialidades. Unidos, estes fatos reforçam um cenário onde a participação de especialistas em SST nas etapas iniciais é pouco expressiva, fazendo com que as ações de alterações de projeto sejam postergadas para a fase de execução, potencializando as ocorrências de acidentes.

A análise realizada revela que o amadurecimento dos processos de trabalho e uso das tecnologias são peças fundamentais para que seja possível empregar o conceito de DfS de maneira ampla e irrestrita, havendo a necessidade de capacitação e fomento de ações integradas entre os setores produtivos e as universidades, de tal forma que ambos estejam preparados para o novo contexto de gerenciamento da IC. Esta relação universidade-empresa se mostra extremamente positiva, uma vez que problemas de aplicação prática mobilizam interesses científicos e soluções para o mercado, gerando novas oportunidades de pesquisa e negócios.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR ISO 31.000**. Brasília: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.

ANDRADE, M.; ASSIS, J.; BROCHARDT, M. O uso de visualizadores portáteis como fator de aumento na produtividade da construção civil. In: VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção - Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM. **Anais...** Recife: UFPE, 2015.

BARAK, R.; SACKS, R.; PERLMAN, A. Hazard recognition and risk perception in construction. **Safety Design**, v. 64, p. 22-31, 2014.

BEHM, M. Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. **Safety Science**, v. 43, p. 589-611, 2005.

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm. Acesso em: 05 jun. 2019.

CBIC. **Segurança e saúde na indústria da construção: prevenção e inovação**. Brasília: CBIC, 2019.

ENIT. **SST - NORMATIZAÇÃO - SST - NR – PORTUGUÊS**. Disponível em <https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default> Acesso em: 20.mai.2019.

EUROPEAN WORKING CONDITIONS SURVEY. **From Drawing Board to Building Site. European Working Conditions Survey**. HMSO: London, 1991.

EASTMAN, C.; SACKS, R.; LEE, G. & TEICHOLZ, P. **Manual BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FUNDACENTRO. **Biblioteca de SST**. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/inicio>. Acesso em 05 jun 2019.

GAMBATESE, J.; BEHM, M.; HINZE, J. Viability of Designing for Construction Worker Safety. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.: 131, p. 1029-1036, 2005.

GANGOLELLS, M.; CASALS, M.; FORCADA, N.; ROCA, X.; FURTES, A. Mitigation construction safety risks using prevention through design. **Journal of Safety Research**, v. 41, p. 107-122, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOH, Y. & CHUA, S. Knowledge, attitude and practices for design for safety: A study on civil & structural engineers. **Accident Analysis and Prevention**, v. 93, p. 260-266, 2016.

GUO, H.; YU, Y.; SKITMORE, M. Visualization technology-based construction safety management: A review. **Automation in Construction**, v. 73, p. 135-144, 2017.

HSE. **Managing Health and Safety in Construction: Construction (Design and Management) Regulations 2015 - Guidance on Regulations**. London: Health and Safety Executive, 2015.

HOSSAIN, M.; ABBOTT, E.; CHUA, D.; NGUYEN, T.; GOH, Y. Design for Safety knowledge library for BIM integrated safety risk reviews. **Automation in Construction**. v: 94, p. 290-302, 2018.

KENSEK, K. **Building Information Modeling: BIM: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

KHANZODE, A.; FISCHER, M.; REED, D.; BALLARD, G. A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process. **CIFE Working Paper**, v. 93, p. 47, 2006.

KUNZ, J.; FISHER, M. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. **CIFE Working Paper**, v. 97, p. 50, 2012.

MATTOS, J. C.G. **Implementação do BIM numa Grande Construtora Francesa**. 2014. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.

MELO FILHO, E. C.; RABBANI, E. R. K.; BARKOKÉBAS JÚNIOR, B. Avaliação da segurança do trabalho em obras de manutenção de edificações verticais. **Prod.**, v. 22, p.817-830, Dez 2012.

MF. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: AEAT 2017**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2017.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. **Construtora Frechal utiliza Mobuss Construção e reduz retrabalho em até 70%**. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/case-de-sucesso-construtora-frechal/> Acesso em: maio/2019.

OESTERREICH, T.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121-139, 2016.

PARK, C.; KIM, H. A framework for construction safety management and visualization system. **Automation in Construction**, v. 33, p 95-103, 2013.

PMI. **A Guide to the Project management body of knowledge - PMBOK Guide**, 4th Edition ed. Newton Square: Project Management Institute, 2008.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAES, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, p. 151 – 165, 2013.

SANDERS, M.S.; McCORMICK, E. J. Human Error, acidentes and safety. In: SANDERS, M.S.; McCORMICK, E. J. **Human Factors in Engineering and Design**. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 1993. p. 655 - 695.

SESI. **Programa Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho para a Indústria da Construção: Manual do instrutor: treinamento admissional**. Brasília: SESI/DN, 2015

SUCCAR, B.; Building Information Modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, p. 357-375, 2009.

TOOLE, T.; GAMBATESE, J. The Trajectories of Prevention through Design in Construction. **Journal of Safety Research**, v. 39, p. 225-230, 2008.

WSHC. **Workplace Safety and Health Guidelines: Design for Safety**. Singapore: Workplace Safety and Health Council, 2016.

ZOU, Y.; KIVINIEMI, A. & JONES, S. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. **Safety Science**, v. 97, p 88-98, 2017.

ZHOU, W.; WHYTE, J.; SACKS, R. Construction safety and digital design: A review. **Automation in Construction**, v. 22, p. 102-111, 2012.

ESTUDO DA VIABILIDADE DA ABERTURA DE UMA EMPRESA JÚNIOR NA ÁREA DE GEOTECNIA NO CEFET-MG UNIDADE VARGINHA

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 05/08/2020

Emerson Ricky Pinheiro

Centro Federal de educação Tecnológica de
Minas Gerais - CEFET-MG
Varginha – MG
<http://lattes.cnpq.br/3345922623577916>

Gustavo Ribeiro Paulino

Centro Federal de educação Tecnológica de
Minas Gerais - CEFET-MG
Varginha - MG
<http://lattes.cnpq.br/4023577446729042>

Henrique Comba Gomes

Centro Federal de educação Tecnológica de
Minas Gerais - CEFET-MG
Varginha – MG
<http://lattes.cnpq.br/0834470552267258>

Kezya Milena Rodrigues Pereira

Centro Federal de educação Tecnológica de
Minas Gerais - CEFET-MG
Varginha – MG
<http://lattes.cnpq.br/1124313541175226>

Maria Rafaela da Silva

Centro Federal de educação Tecnológica de
Minas Gerais - CEFET-MG
Varginha – MG
<http://lattes.cnpq.br/3060531337855856>

RESUMO: Uma Empresa Júnior tem diversas finalidades, principalmente trazer a realidade do mercado de trabalho para o ambiente universitário, já que muitas das vezes os jovens ainda não possuem habilidades nas áreas de concentração de seus cursos no que tange o exercício da profissão. Por conta disso, pode-se observar um crescimento no número desta modalidade de representação estudantil não só no Brasil, mas também no mundo, tanto por este quanto por outros motivos. A criação de uma Empresa Júnior na área de Geotecnia no CEFET-MG Unidade Varginha pode trazer grandes ganhos não só para o município, mas também para cidades do entorno, uma vez que ela pode prestar serviços a preços reduzidos para estas cidades do estado de Minas Gerais. O ramo de atuação é pertinente pois pode ser verificada certa negligência com relação à importância dos serviços geotécnicos, essencialmente no que diz respeito a Sondagem à Percussão (SPT – Standart Penetration Test). Este tipo de procedimento fornece parâmetros importantes para uma análise correta das características do solo, permitindo ao engenheiro responsável pela fundação do empreendimento um correto direcionamento para a realização do dimensionamento destas estruturas. O artigo analisa a viabilidade da implementação desta Empresa Júnior na referida universidade, analisando os custos envolvidos, expectativa de lucro e impostos acerca órgão estudantil.

PALAVRAS-CHAVE: Empresa Júnior, Geotecnia, Sondagem, Solo, Viabilidade

FEASIBILITY STUDY OF OPENING A JUNIOR COMPANY IN GEOTECHNICS ÁREA IN CEFET - MG VARGINHA UNIT

ABSTRACT: An junior company has lots of purposes, the most important is to represent the job market for the students of colleges because the skill that jobs require are not developed in the universities. Because of this, is remarkable a growth of this kind of modality in Brazil and all of the world, for this and for other reasons. The conception of a junior company in CEFET – MG, located in the city of Varginha, in the geotechnic field can bring lots of gains not only for the city, but for all the region, because the junior company can provide services with low cost for this cities in the state of Minas Gerais. This line of business is important because we can observe some negligence with the services of this kind, especially with regard to percussion drilling SPT. This kind of procedure provides important parameters for the correct soil analysis, allowing the engineer in charge of the foundation of the enterprise an correct dimensioning of these structures. This article analyzes the implemeation feasibility of this junior company at this university, analyzing the costs involved, profit expectations and taxes involved.

KEYWORDS: Junior Company, Geotecnics, Polling, Soil, Feasibility

1 | INTRODUÇÃO

Uma Empresa Júnior pode ser entendida como sendo uma associação fundada e que possui sua gestão executada por estudantes de nível superior para o desenvolvimento de trabalhos concentrados nas áreas atuantes do curso dos estudantes participantes. Esta organização possui diversos objetivos, desde auxiliar o aprendizado prático do estudante até aproximar o mercado de trabalho das universidades e daqueles que estão envolvidos, permitindo um maior ganho tanto no âmbito profissional como pessoal, uma vez que auxilia no crescimento pessoal, na gestão de pessoas e recursos e também na promoção da autonomia. O desenvolvimento deste tipo de organização estudantil auxilia não só estudantes e empresas, mas também a população como um todo, já que oferecem diversos serviços a preços muito reduzidos.

Podemos entender a Engenharia Geotécnica como sendo uma “subdisciplina da engenharia civil que estuda materiais naturais encontrados próximos à superfície da terra. Ela engloba desde a aplicação dos princípios da mecânica dos solos e das rochas até o desenvolvimento de fundações, estruturas de contenção e estruturas de terra.” (DAS, 2017). Neste ramo, são desenvolvidas atividades de vital importância para o bom desempenho futuro da edificação, e segundo Belincanta e Ferraz (200) “não há como desenvolver projetos de fundações e de geotecnia em geral sem investigações de campo”. Nesta área, o SPT, também conhecido como Ensaio de Simples Reconhecimento permite conhecer a estrutura geológica do solo, a partir da cravação dinâmica de um amostrador, obtendo também um outro parâmetro extremamente importante: a resistência do solo. Contudo, mesmo com a notável importância que este ensaio possui, é uma prática muitas vezes negligenciada, justificada pelo fato de ser mais onerosa.

Diante destes fatos, o presente artigo visa realizar uma análise de viabilidade de uma empresa júnior no ramo, para que possam ser feitos diversos tipos de serviços para a comunidade do município de Varginha, cidade onde está localizado o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) Campus VIII, local sede da Empresa Júnior verificada. A criação deste órgão representaria para a cidade de Varginha e para as demais cidades da região uma forma acessível de se realizar estudos geotécnicos, especialmente o Ensaio de Simples Reconhecimento, para que assim as edificações construídas possam ser adequadas e que, durante o processo construtivo do empreendimento, não hajam imprevistos e problemas posteriores à não execução de atividades geotécnica.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Empresa Júnior

2.1.1 ORIGEM

A primeira Empresa Júnior foi fundada na França em 1967, pelos alunos da Escola Superior de Ciências Econômicas e Comerciais (ESSEC – L'École Supérieure des Sciences Economiques et Commerciales) que buscavam prática e contato real com o mercado de trabalho. A ideia disseminou-se por toda França e alcançou outros cursos como Engenharia e Administração e até outros países. E apenas dois anos depois, os alunos integrantes já haviam registrado mais de 20 Empresas Juniores (EJs), foi então que decidiram criar a Confederação Francesa de Empresas Juniores. Em 1986 o Movimento já possuía mais de 100 empresas em países como Bélgica, Holanda, Alemanha, Portugal e Itália.

No Brasil a primeira Empresa Júnior foi a EJFGV, fundada em 1988 pelos alunos do curso de Administração da Fundação Getúlio Vargas, em seguida foram criadas a Poli Júnior e a UFBA Junior. Concomitantemente a chegada das EJs ao Brasil, ocorreu à formação das confederações de Empresas Juniores brasileira (Brasil Junior), asiáticas, norte-americanas e europeia, compondo o Movimento Empresa Junior (MEJ) em todo o mundo. Em 1993 foi fundada a Consultoria e Aplicações em Tecnologia de Informação e engenharia (CATI Jr.) pelos alunos da Universidade Federal de São Carlos, posteriormente, em 2004, foi criada a Conac, Empresa Júnior de Consultoria & Assessoria Contábil da Universidade Federal do Piauí.

Atualmente, de acordo com a Confederação Brasileira de Empresas Juniores, o movimento é composto por 650 empresas juniores, em mais de 140 universidades em 22 estados do Brasil. Estimam-se 16 mil estudantes envolvidos diretamente no movimento, mais de 70 mil ex-empresários juniores e cerca de 10 mil projetos realizados apenas em 2017. Destaca-se também, a importância das Empresas Juniores para a economia nacional.

Segundo dados da Brasil Junior, em 2016, a contribuição de 438 EJs para o PIB foi de R\$11.096.620,77, alcançados por meio de 4.865 projetos executados, um aumento de 106% em relação ao ano anterior, revelando uma tendência de crescimento e a relevância deste movimento para o país.

2.2 Definição

Empresa Junior é uma associação civil sem fins lucrativos, gerida por alunos matriculados em cursos de graduação, sob orientação de professores e profissionais parceiros, a fim de realizar projetos e serviços que contribuam para o desenvolvimento acadêmico e profissional dos associados, capacitando-os para o mercado de trabalho, de acordo com o Art. 2º da Lei nº LEI 13.267/2016 (BRASIL 2016).

Uma Empresa Júnior contribui para o crescimento da sociedade a qual está inserida, uma vez que oferece serviços de baixo custo para a comunidade local. O dinheiro levantado com as atividades da Empresa Júnior é utilizado para a manutenção da sede da empresa, equipamentos e capacitação dos membros com cursos e treinamentos. Tal investimento na qualificação dos associados causa transformações positivas no mercado de trabalho, uma vez que grandes empresas têm valorizado cada vez mais os profissionais que tenham participado de uma EJ. Empresas como AMBEV e Kraft Heinz, por exemplo, possuem processos seletivos de estágio exclusivos para empresários juniores e pós-juniores, além de existirem programas de trainees para pós-juniores.

2.3 Crédito e Receita

Como qualquer empresa, uma EJ necessita de capital e investimento para iniciar suas atividades, neste caso o crédito disponível também é indispensável para o desenvolvimento do negócio. Este tipo de empresa poderá contar com a doação de instituições governamentais ou não governamentais como empresas, agências, convênios, contratos firmados com o poder público, herança, doação por parte de organizações civis, rendimento de aplicações e outros.

Ao se criar uma Empresa Júnior é possível compreender a complexidade da administração de uma empresa formal no mercado de trabalho. A principal vantagem desta configuração é ter investimento mínimo e a oportunidade de aprendizado de maneira descomplicada. Com a consolidação da EJ é possível criar uma empresa formal que gere proveito para a sociedade e lucro para os profissionais envolvidos.

3 | VIABILIDADE MERCADOLÓGICA

A criação dessa empresa Júnior tem como objetivo atender a falta de oferta de empresas relacionadas a área de geotecnia na cidade de Varginha, visto que existem apenas duas empresas com sede na cidade, além disso, tem por finalidade promover a conscientização da sociedade em relação a importância de obras de estudos geotécnicos

do solo para a boa estabilidade da edificação, visto que boa parte da população acaba por negligenciar etapas de sondagem, buscando minimizar custos de sua obra.

A empresa buscará atender obras de pequeno porte, em geral obras residenciais, buscando manter um preço acessível, abaixo da precificação do mercado, possibilitando maior demanda da população. Com isso promovendo aos alunos envolvidos, maior experiência no mercado de trabalho, além de otimizar o mercado, na área de geotecnia, não só na cidade de Varginha, mas também para cidades do entorno.

Realizou-se pesquisa de mercado na cidade, utilizando um terreno de posse de um dos integrantes da equipe fundadora, possuindo área de aproximadamente 250m², localizado na zona rural de Varginha, com uma leve inclinação. Observado em norma, constatou-se a necessidade de apenas dois furos de sondagem para a realização do ensaio de simples reconhecimento com uso do SPT, sendo esta a técnica que seria usada pela nossa empresa. Os preços das empresas citadas acima estão dispostos na tabela 1.

Empresa	Orçamento
Soenf Mecânica dos Solos	R\$ 1800,00
Construtora Imobiliária J. Bueno	R\$ 1580,00

Tabela 1 - Precificação de mercado

Podemos concluir com essa pesquisa que o mercado está suscetível à criação de uma nova empresa nesta área baseado na carência de empresas do ramo na região. Além disso, observa – se atualmente, na região, grande crescimento do número de obras. Podemos destacar também a importância da conscientização que poderá ser efetuada pela empresa, permitindo, na melhor das hipóteses, uma reeducação da sociedade referente à importância da sondagem para o sucesso da edificação.

4 | VIABILIDADE ECONÔMICO – FINANCEIRA

Visando o estudo da viabilidade econômica do empreendimento foram feitas pesquisas em lojas da região e em lojas virtuais, a fim de estimar o preço dos equipamentos fixos que serão utilizados. Através dos dados obtidos por meio de pesquisa de mercado, os mesmos foram inseridos em um software gratuito do SEBRAE, para que pudessem ser obtidos os seguintes dados dispostos nas Tabelas 2 a 21.

4.1 Plano Financeiro

4.1.1 Investimentos fixos

Nº	Descrição	Qtde	Valor Unitário	Total
1	Impressora	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
2	Equipamento completo de sondagem	1	R\$ 20.000,00	R\$20.000,00
3	Telefone	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00
4	Máquina de cartão - Moderninha Plus	1	R\$ 83,00	R\$ 83,00
SUB-TOTAL (B)				R\$ 21.163,00

Tabela 2 - Máquinas

Nº	Descrição	Qtde	Valor Unitário	Total
1	Mesa	3	R\$ 300,00	R\$ 900,00
2	Cadeira	6	R\$ 200,00	R\$ 1.200,00
3	Balcão	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
4	Banco	5	R\$ 150,00	R\$ 750,00
SUB-TOTAL (D)				R\$ 4.350,00

Tabela 3 - Móveis e Utensílios

Nº	Descrição	Qtde	Valor Unitário	Total
1	Computador para Recepção	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
2	Computador para software	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
SUB-TOTAL (F)				R\$ 4.500,00

Tabela 4 – Computadores

O total de todos os investimentos fixos pode ser escrito como a soma dos valores indicados em todas as tabelas anteriores, sendo este valor igual ao montante de R\$ 30.013,00.

4.1.2 Estoque inicial

Como o ramo de atuação da empresa não necessita de um estoque de materiais para o seu pleno funcionamento, o estoque inicial pode ser considerado igual a zero.

4.1.3 Caixa mínimo

Prazo médio de vendas	(%)	Número de dias	Média Ponderada em dias
À prazo	100,00	30	30
Prazo médio total		30	

Tabela 5 - Contas a receber – Cálculo do prazo médio de vendas

Prazo médio de compras	(%)	Número de dias	Média Ponderada em dias
Nao há	100,00	0	0,00
Prazo médio total		0	

Tabela 6 - Fornecedores – Cálculo do prazo médio de compras

Necessidade média de estoque	
Numero de dias	1

Tabela 7 - Estoque – Cálculo de necessidade média de estoque

Recursos da empresa fora do seu caixa	Número de dias
1. Contas a Receber – prazo médio de vendas	30
2. Estoques – necessidade média de estoques	1
Subtotal Recursos fora do caixa	31
Recursos de terceiros no caixa da empresa	
3. Fornecedores – prazo médio de compras	0
Subtotal Recursos de terceiros no caixa	0
Necessidade Líquida de Capital de Giro em dias	31

Tabela 8 - Cálculo da necessidade líquida de capital de giro em dias

1. Custo fixo mensal	R\$ 3.500,34
2. Custo variável mensal	R\$ 208,45
3. Custo total da empresa	R\$ 3.708,79
4. Custo total diário	R\$ 123,63
5. Necessidade Líquida de Capital de Giro em dias	31
Total de B – Caixa Mínimo	R\$ 3.832,42

Tabela 9 - Caixa Mínimo

Descrição	Valor
A – Estoque Inicial	R\$ 0,00
B – Caixa Mínimo	R\$ 3.832,42
TOTAL DO CAPITAL DE GIRO (A+B)	R\$ 3.832,42

Tabela 10 - Capital de giro (Resumo)

4.1.4 Investimentos pré-operacionais

A empresa Junior não terá gastos com despesas oriundas de instalações físicas, tais como água, energia, telefone, Internet, pois utilizara as instalações do próprio CEFET – MG, localizado no município de Varginha, na Avenida dos Imigrantes n° 1000, no bairro da Vargem. Também não terá compromissos nem com os equipamentos para proteção individual, os EPIs, nem com o transporte do equipamento para as obras, contando com o caminhão que a universidade dispõe para esse fim.

Em relação ao valor do curso de sondagem à percussão, também foi feito um orçamento sobre o valor do mesmo por meio da internet, visto que não se encontra no município e região prestadores do curso. Os valores obtidos estão dispostos na Tabela 11.

Descrição	Valor
Cursos e Treinamentos	R\$ 1.200,00
Cartão Visita(milheiro)	R\$ 50,00
Panfleteo (milheiro)	R\$ 50,00
TOTAL	R\$ 1.300,00

Tabela 11 - Investimentos Pré-Operacionais

4.1.5 Investimento total

Descrição dos investimentos	Valor	(%)
Investimentos Fixos – Quadro 5.1	R\$ 30.013,00	85,40
Capital de Giro – Quadro 5.2	R\$ 3.832,42	10,90
Investimentos Pré-Operacionais – Quadro 5.3	R\$ 1.300,00	3,70
TOTAL (1 + 2 + 3)	R\$ 35.145,42	100,00

Tabela 12 - Investimento Total

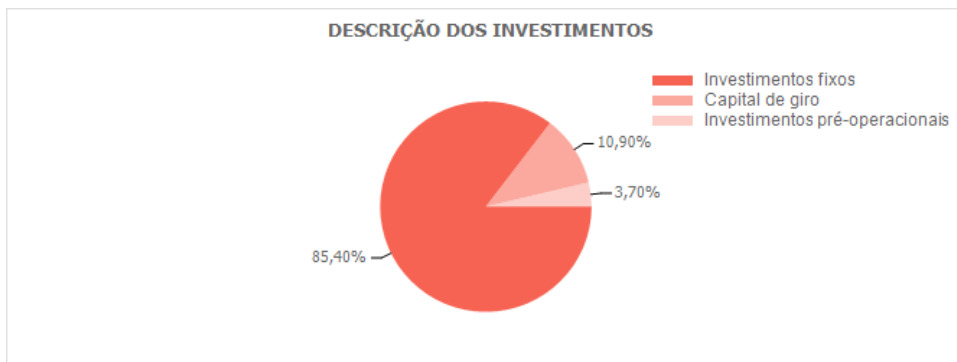


Figura 1 - Descrição dos Investimentos

Fontes de recursos	Valor	(%)
Recursos próprios	R\$ 35.145,42	100,00
Recursos de terceiros	R\$ 0,00	0,00
Outros	R\$ 0,00	0,00
TOTAL (1 + 2 + 3)	R\$ 35.145,42	100,00

Tabela 13 - Valores das Fontes de Recursos

4.1.6 FATURAMENTO MENSAL

Nº	Produto/Serviço	Quantidade (Estimativa de Vendas)	Preço de Venda Unitário (R\$)	Faturamento Total(em R\$)
1	Estudo Geotécnico do solo utilizando sondagem SPT - 2 Furos	2	R\$ 1.000,00	R\$ 2.000,00
2	Estudo Geotécnico do solo utilizando sondagem SPT - 3 Furos	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
3	Estudo Geotécnico do solo utilizando sondagem SPT - 4 Furos	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
TOTAL				R\$ 5.500,00

Tabela 14 – Faturamento Mensal

Projeção das Receitas:

(x) Sem expectativa de crescimento

() Crescimento a uma taxa constante:

0,00 % ao mês para os 12 primeiros meses 0,00 % ao ano a partir do 2º ano

() Entradas diferenciadas por período

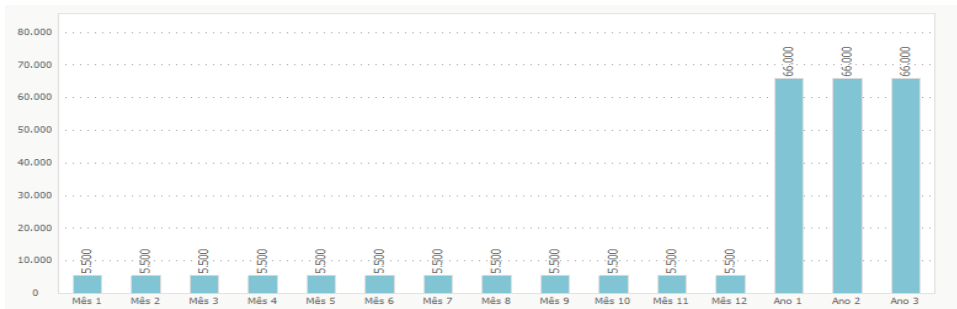


Figura 1 - Faturamento Total

4.1.7 Custo unitário

Devido ao fato de a empresa não usar matérias adicionais para a realização do processo, o único custo seria o de depreciação, já contabilizado anteriormente, os custos unitários serão nulos, como pode ser visto nas tabelas 16 a 18, referentes a 2, 3, e 4 furos de sondagem.

4.1.8 Custos de comercialização

Descrição	(%)	Faturamento Estimado	Custo Total
Taxas de Cartões (Gastos com Vendas)	3,79	R\$ 5.500,00	R\$ 208,45
Total Geral (Impostos + Gastos)			R\$ 208,45

Tabela 15 - Custos de Comercialização Detalhado

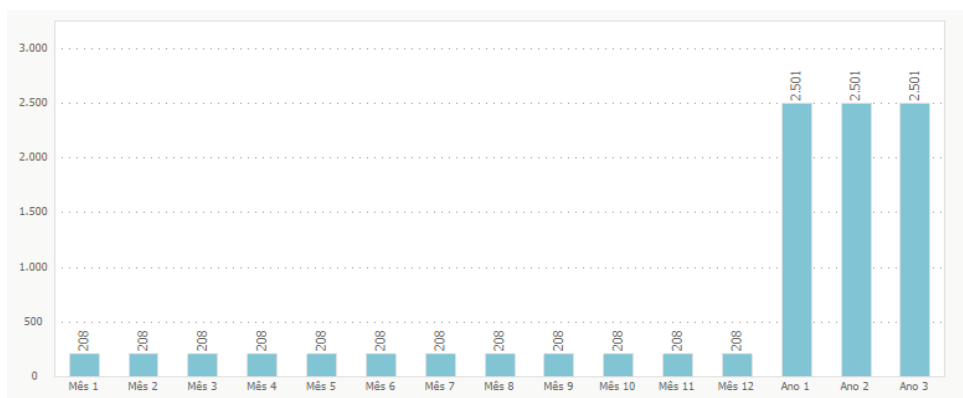


Figura 2 - Custo de Comercialização Total

4.1.9 Apuração do custo de MD e/ou MV

Nº	Produto/Serviço	Estimativa de Vendas (em unidades)	Custo Unitário de Materiais/Aquisições	CMD / CMV
1	Estudo Geotécnico do solo utilizando sondagem SPT - 2 Furos	2	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2	Estudo Geotécnico do solo utilizando sondagem SPT - 3 Furos	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
3	Estudo Geotécnico do solo utilizando sondagem SPT - 4 Furos	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL			R\$ 0,00	

Tabela 16 - Custos de Comercialização Detalhado

4.1.10 Custos de mão-de-obra

Função	Nº de Empregados	Salário Mensal	Subtotal	(%) de encargos sociais		Encargos sociais	Total
Fundador	5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0,00		R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL	5		0,00			R\$ 0,00	R\$ 0,00

Tabela 17 - Custos de Mão de Obra

4.1.11 Custos com depreciação

Ativos Fixos	Valor do bem	Vida útil em Anos	Depreciação Anual	Depreciação Mensal
MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	R\$ 21.163,00	10	R\$ 2.116,30	R\$ 176,36
MÓVEIS E UTENSÍLIOS	R\$ 4.350,00	10	R\$ 435,00	R\$ 36,25
COMPUTADORES	R\$ 4.500,00	5	R\$ 900,00	R\$ 75,00
Total			R\$ 3.451,30	R\$ 287,61

Tabela 18 - Custos com Depreciação

4.1.12 Custos fixos operacionais mensais

Em relação a manutenção do equipamento de ensaio à percussão, afirma-se que a mesma não seja periódica em vista da simplicidade do equipamento, não detendo nenhum tipo especial de elemento passível de dano com uso constante. Estima – se que

as manutenções devam ser feitas, aproximadamente, a cada 2 anos e, por isso, não será informada pela EJ nesse artigo.

Descrição	Custo
Manutenção dos equipamentos	R\$ 0,00
Salários + encargos	R\$ 0,00
Depreciação	R\$ 287,61
Parcela referente ao empréstimo	R\$ 3.212,73
TOTAL	R\$ 3.500,34

Tabela 19 - Custos Fixos Operacionais Mensais

Projeção dos Custos:

(x) Sem expectativa de crescimento

() Crescimento a uma taxa constante:

0,00 % ao mês para os 12 primeiros meses 0,00 % ao ano a partir do 2º ano

() Entradas diferenciadas por período

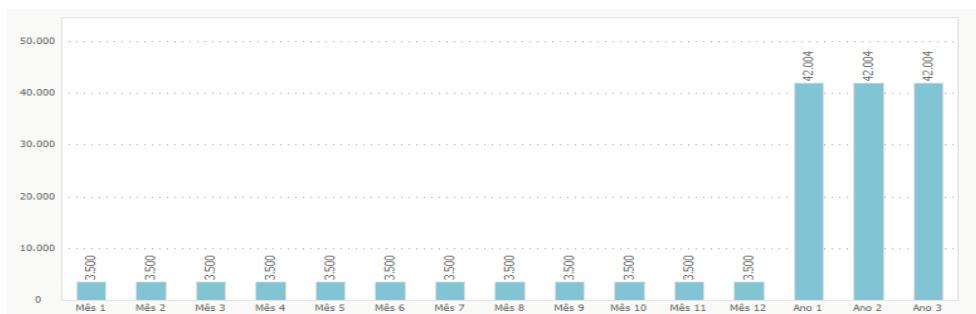


Figura 3 – Custos Fixos Operacionais Mensais

4.2 Demonstrativo de resultados

Descrição	Valor	Valor Anual	(%)
1. Receita Total com Vendas	R\$ 5.500,00	R\$ 66.000,00	100,00
2. Custos Variáveis Totais			
2.1 (-) Custos com materiais diretos e/ou CMV(*)	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0,00
2.2 (-) Impostos sobre vendas	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0,00
2.3 (-) Gastos com vendas	R\$ 208,45	R\$ 2.501,40	3,79
Total de custos Variáveis	R\$ 208,45	R\$ 2.501,40	3,79
3. Margem de Contribuição	R\$ 5.291,55	R\$ 63.498,60	96,21

4. (-) Custos Fixos Totais	R\$ 3.500,34	R\$ 42.004,08	63,64
5. Resultado Operacional: LUCRO	R\$ 1.791,21	R\$ 21.494,52	32,57

Tabela 20 – Demonstrativo de resultados

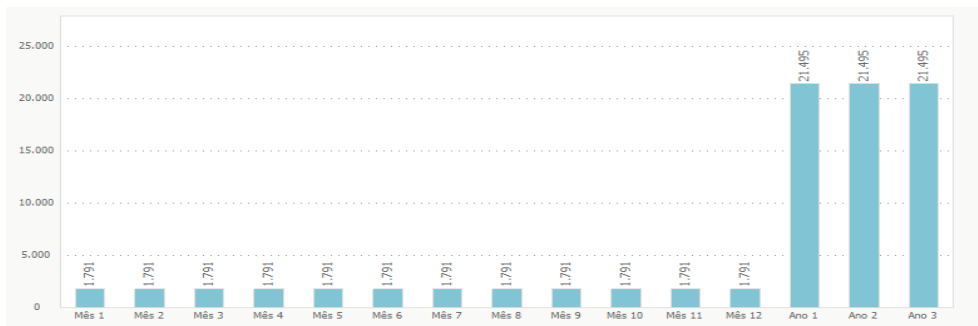


Figura 4 – Demonstrativo de resultados

4.3 Indicadores de viabilidade

Indicadores	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Ponto de Equilíbrio	R\$ 43.658,75	R\$ 43.658,75	R\$ 43.658,75
Lucratividade	32,57 %	32,57 %	32,57 %
Rentabilidade	61,16 %	61,16 %	61,16 %
Prazo de retorno do investimento	1 ano e 8 meses		

Tabela 21 – Indicadores de Viabilidade

4.4 Empréstimo

Em relação aos empréstimos bancários, foram realizadas pesquisas acerca das principais instituições bancárias brasileiras (Banco do Brasil, Itaú, Bradesco, Caixa Econômica Federal e Santander), tanto para capital de giro com prazo de até 365 dias e com prazo maior. A partir das análises feitas, foi observado que é mais vantajoso que se tome um empréstimo com capital de giro de prazo menor que 365 dias já que a taxa é a menor apresentada e o do banco no Brasil, de 1,07% ao ano, sobre o valor necessário para cobrir as despesas iniciais.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo assim, a partir das avaliações feitas acima com base nos dados obtidos pelo software fornecido gratuitamente pelo SEBRAE, é possível verificar que o custo inicial para

a implementação da empresa júnior para a prestação de serviços na área especificada seria de R\$35145,42. Este valor pode ser obtido através de empréstimos feitos pelos integrantes do grupo, que será pago a partir dos lucros obtidos adas execuções dos serviços da Sondagem de Simples Reconhecimento. Outra forma de ser adquirido este montante é o fomento da instituição CEFET-MG, colaborando com o montante total ou com parte do mesmo, visto que a abertura da Empresa Júnior é de extrema importância para o crescimento não só dos alunos que frequentam a instituição, mas também para a mesma, já que a implantação deste órgão estudantil pode representar um ganho de credibilidade para a universidade.

Contudo, é importante salientar que o empréstimo foi colocado como possibilidade tendo-se em vista o atual cenário econômico que não só a instituição está passando, mas também todas as universidades públicas do país, o que acaba impedindo que a mesma faça a aquisição de materiais permanentes. Mas a possibilidade de se receber o auxílio do CEFET-MG ainda assim não pode ser descartada, desde que os fundadores da empresa júnior persistam com a diretoria geral, pode-se obter algum valor para auxiliar a aquisição dos equipamentos necessário.

REFERÊNCIAS

APOLLONI, P; ZAMITTI, B. A história do movimento Empresa Júnior. A medium corporation, 2017. Disponível em: <<https://medium.com/@catijr/a-hist%C3%B3ria-do-movimento-empresa-junior-5f02a2c9fd37>>. Acesso em: 03 Jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6484. Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BELINCANTA, Antonio; FERRAZ, Roberto Lopes. Contribuição da Universidade Estadual de Maringá no entendimento da sondagem de simples reconhecimento com SPT. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/3105>. Acesso em: 04 Jun. 2019

BRASIL, Decreto- lei nº 13.267, de 6 de abril de 2016. Disciplina a criação e a organização das associações denominadas empresas juniores, com funcionamento perante instituições de ensino superior: edição federal, Brasília, 2016. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113267.htm>. Acesso em: 04 Jun. 2019.

CÂMARA, Kadson R.R; PEREIRA, Alexandre da Costa. Análise de Perfis de Sondagem SPT e Caracterização Geotécnica de Solos do Município de Natal. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/56>. Acesso em: 04 Jun. 2019.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS JUNIORES -BRASIL JÚNIOR. Censo Identidade 2014, s.l, 2014. Disponível em:<[https://uploads.brasiljunior.org.br/uploads/cms/institucional/file/file/2/Censo Identidade_2014_-_VF.pdf](https://uploads.brasiljunior.org.br/uploads/cms/institucional/file/file/2/Censo%20Identidade_2014_-_VF.pdf)>. Acesso em: 03 Jun. 2019.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS JUNIORES -BRASIL JÚNIOR. Censo Identidade Relatório 2016, s.l, 2016. Disponível em:< <http://brasiljunior.rds.land/censo-identidade-relatorio-2016>>. Acesso em: 03 Jun. 2019.

DAS, Braja M. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. São Paulo: Thomson, 2007.8ª Edição, pp 1 – 3.

HONRATO, A. O que é uma Empresa Júnior. Fluxo, 2014. Disponível em: <<https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/empreendedorismo-startup/o-que-e-empresa-junior/>>. Acesso em: 04 Jun. 2019.

PERIARD, Gustavo. Empresa Júnior – O que é e como funciona. Disponível em <http://facer.edu.br/anexos/anexo_09102013195909.pdf>. Acesso em 28 de maio de 2019.

POR QUE PRECISO FAZER SONDAGEM DO TERRENO ANTES DA CONSTRUÇÃO. Disponível em: <http://projetoestruturalonline.com.br/sondagem-do-terreno-antes-da-construcao/>. Acesso em: 03 Jun. 2019

RICHARDSON, M. Empresa Júnior- O que é? E como funciona? Sebrae, 2019. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/empresa-junior-o-que-e-e-como-funciona,e3a048ae422fe510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 02 Jun. 2019.

CAPÍTULO 16

PRÁTICA PROFISSIONAL SUPERVISIONADA: FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PROFISSIONAL TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO

Data de aceite: 01/11/2020

Érica de Oliveira Araújo

Departamento de Agropecuária, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste

Nélio Ranieli Ferreira de Paula

Departamento de Agropecuária, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste

José Elias de Almeida

Departamento de Agropecuária, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste

José Vanor Felini Catânio

Departamento de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste

Wagner Viana Andreatta

Departamento de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste

RESUMO: Com abordagem qualitativa interpretativista, o objetivo da pesquisa foi avaliar a integração entre teoria e prática, a interdisciplinaridade e a identificação profissional nas áreas de atuação de Produção vegetal II, pré-validando a capacitação técnica e fundamentando as reflexões sobre ensino e aprendizagem na conjuntura profissional técnica de nível médio. No período de fevereiro a dezembro de 2019 foi aplicado questionário com 122 estagiários da disciplina de Produção vegetal II, devidamente matriculados no 2º ano do curso técnico integrado ao ensino médio, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus Colorado do Oeste*. Os resultados permitiram concluir que a prática profissional supervisionada apresenta-se como importante ferramenta para a construção da identidade profissional técnica de nível médio, caracterizando-se como é um momento de potencial contribuição para a formação inicial técnica. A interdisciplinaridade utilizada como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem proporciona aos estagiários a percepção clara e objetiva das interrelações disciplinares e a compreensão crítica das relações existentes. A pesquisa permitiu uma compreensão apurada e crítica da prática profissional supervisionada no âmbito institucional, no que se refere à realização do projeto de ensino didático e suas interrelações, contribuindo para um olhar mais atento as singularidades da formação educacional profissional de nível técnico.

PALAVRAS-CHAVE: Formação técnica de nível médio, Teoria e prática, Interdisciplinariedade, Agropecuária

SUPERVISED PROFESSIONAL PRACTICE: MID-LEVEL TECHNICAL PROFESSIONAL LEARNING TOOL

ABSTRACT: With an interpretive qualitative approach, the objective of the research was to evaluate the integration between theory and practice, interdisciplinarity and professional identification in the areas of activity of Plant Production II, pre-validating the technical training and basing the reflections on teaching and learning in the technical professional conjuncture of medium level. From February to December 2019, a questionnaire was applied with 122 trainees from the discipline of Plant Production II, duly enrolled in the 2nd year of the technical course integrated to high school, of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondonia, Colorado Campus of the West. The results allowed us to conclude that supervised professional practice is an important tool for the construction of the technical professional identity of medium level, characterizing itself as a moment of potential contribution to the initial technical training. The interdisciplinarity used as a tool in the teaching-learning process provides the trainees with a clear and objective perception of disciplinary interrelations and the critical understanding of existing relationships. The research allowed an accurate and critical understanding of supervised professional practice in the institutional scope, with regard to the realization of the didactic teaching project and its interrelations, contributing to a closer look at the singularities of professional educational training at technical level.

KEYWORDS: Technical training of medium level, Theory and practice, Interdisciplinarity, Agricultural

1 | INTRODUÇÃO

A importância da agricultura e da pecuária para o País é inegável, já que se trata de uma das principais atividades econômicas do Brasil. A agropecuária, expressão usada para designar de forma agrupada à pecuária e a agricultura consiste na arte e técnica de cultivar o campo, no qual exige diversos cuidados específicos, pois se refere a uma atividade altamente diversificada, dinâmica e integradora de diversas áreas do conhecimento. Há muito tempo a agropecuária desempenha um papel de grande importância no cenário da economia nacional, além disso, foi uma das primeiras atividades econômicas a serem desenvolvidas no país.

Na atualidade, o setor do agronegócio no Brasil representa aproximadamente 30% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, e gera emprego para pelo menos 32% da população economicamente ativa do país, dos quais as atividades agropecuárias contribuem significativamente ano após ano. Assim, o acompanhamento sistemático dos diferentes setores de produção agropecuário contribui para o fornecimento de subsídios importantes ao planejamento da produção e aprendizado dos futuros profissionais em agropecuária.

Nessa premissa, a Prática Profissional Supervisionada (PPS), norteada pela Resolução nº 17/Reitoria - Cepex/IFRO, de 09 de maio de 2018, dispõe sobre a aprovação da Reformulação do Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia –

IFRO, *Campus Colorado do Oeste*, surge como possibilidade de adicionar conhecimentos práticos aos teóricos construídos no âmbito de sala de aula, se caracterizando como uma ação pedagógica que possibilita o aprendizado por meio do exercício de funções inerentes a profissão técnica de nível médio. Neste contexto, a PPS vem representar o momento da formação em que o técnico em agropecuária vivencia e consolida as competências e habilidades exigidas para o exercício profissional em diferentes campos de intervenção dentro das áreas de Produção Vegetal e Produção Animal, permitindo inferir que o contato direto com a realidade profissional além de enriquecer o conhecer e reforçar o processo de ensino-aprendizagem permite enfrentar os desafios relacionados às atribuições, e estimular o desenvolvimento dos mecanismos de ação e inovação.

Dessa forma, a PPS pode ser compreendida como o campo de conhecimento complementar, e a essa atividade deve ser atribuído um estatuto epistemológico indissociável da prática, concebendo-a como práxis, o que o define como uma atitude investigativa que envolve a reflexão e a intervenção em questões educacionais (SILVA; GASPAR, 2018, p. 205-221). Visto desse modo, a PPS apresenta uma singularidade por se situar no âmbito institucional e se estender para o mundo do trabalho, dando suporte para o estabelecimento da relação entre teoria e prática. Entender a PPS como espaço para essa relação é compreendê-la como momento de reflexão sobre as aprendizagens no contexto institucional, ou seja, com base nas disciplinas vivenciadas durante o curso de formação, e sobre os professores formadores, convidando-os a rever suas concepções sobre o ensinar e o aprender.

A construção de competências no desenho de novos cenários educativos, nos leva a transformar a concepção de escola e de profissional da educação e a imprimir nova qualidade a sua prática cotidiana (ARANTES, 2003, p.24). É importante inferir que, para a realização desse componente, todas as disciplinas que envolvem o currículo são fundamentais, uma vez que trabalham conhecimentos e métodos (subsídios) a serem desenvolvidos durante a prática e ao longo da carreira profissional (SILVA; GASPAR, 2018, p.205-221), ou seja, a interdisciplinaridade. Ressalta-se o grande reconhecimento entre os profissionais quanto à importância desse componente para o currículo de formação técnica de nível médio, por possibilitar tanto o diálogo entre a teoria e a prática, como o olhar que se entrecruza possui estreita relação com a forma de compreender a dimensão formadora do componente, as inquietações de quem pratica, pensa e teoriza a educação e a aprendizagem. É pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática (FREIRE, 2002, p.39).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a articulação e integração entre teoria e prática, a interdisciplinaridade e a identificação profissional nas áreas de atuação de Produção vegetal II, pré-validando a capacitação técnica e fundamentando as reflexões sobre ensino e aprendizagem.

2 | METODOLOGIA

Pesquisar cientificamente é a busca de informações de determinado assunto pelo qual não se consegue explicações apoiando-se somente na utilização de coletas de dados (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.44). Portanto, toda pesquisa se embasa em teorias que a auxiliam a um ponto de partida para a investigação. Nesse sentido, este estudo empreendeu inicialmente uma pesquisa bibliográfica e posteriormente na realização de uma pesquisa de campo através da aplicação de questionário qualitativo sobre a prática profissional supervisionada e/ou estágio curricular. A presente pesquisa, com relação aos seus objetivos, pode ser classificada como descritiva, com abordagem qualitativa, pois não se trata apenas de dados numéricos e sim da compreensão e organização de algo (SILVEIRA; CORDOVA, 2009, p.31-42). Neste caso, objetiva-se compreender como a prática profissional supervisionada no curso técnico em agropecuária é um requisito de importância para a formação de técnicos da educação básica. A fim de alcançar os objetivos da pesquisa e consolidar a revisão bibliográfica realizada recorreu-se à aplicação de questionário conduzido no período de fevereiro a dezembro de 2019, com 122 estagiários da disciplina de Produção vegetal II, devidamente matriculados no 2º ano do curso técnico integrado ao ensino médio, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste, no município de Colorado do Oeste, RO. O questionário foi composto por 18 questões aplicadas ao final das atividades letivas de Prática Profissional Supervisionada em caráter de não identificado e com o termo de consentimento livre e esclarecido devidamente assinado.

Após tabulação dos dados foi realizada a elaboração de gráficos representativos e apresentação e discussão dos resultados obtidos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a pesquisa, a orientação recebida sobre os objetivos da PPS esteve entre excelente e boa, na ordem de 30,58% e 60,33% respectivamente (Figura 2), sendo as atividades desenvolvidas durante a PPS em conformidade com o estabelecido no projeto de ensino e em consonância aos objetivos estabelecidos, conforme afirmado por 89,26% dos amostrados (Figura 3). Cerca de 57,85% das atividades programadas no projeto de ensino para serem desenvolvidas durante a PPS foram exclusivamente na área de atuação planejada, enquanto que 42,15% foram desenvolvidas parcialmente na área de atuação planejada (Figura 4), o que confronta ao atendimento das necessidades específicas dos setores de produção agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste, sendo essas corriqueiras e intrínsecas à cada sistema de produção e/ou esporádicas, pois ocorrem em momentos pontuais no ciclo produtivo e/ou de forma imprevista. No entanto, todas as atividades desenvolvidas caracterizaram-se como

significativas ao processo de ensino-aprendizagem, visto que não houve nenhum relato de atividade desenvolvida fora da área de atuação do projeto de pesquisa (Figura 4).

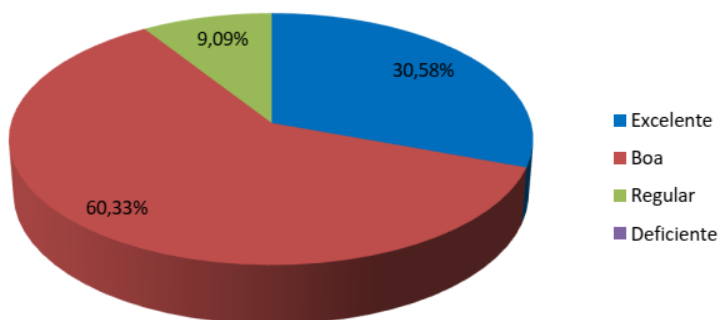


Figura 2. A orientação recebida sobre os objetivos da PPS.

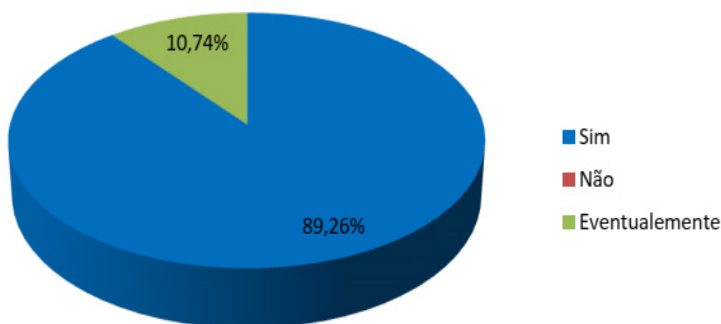


Figura 3. As atividades desenvolvidas durante a PPS foram de acordo com as descritas no projeto de ensino.

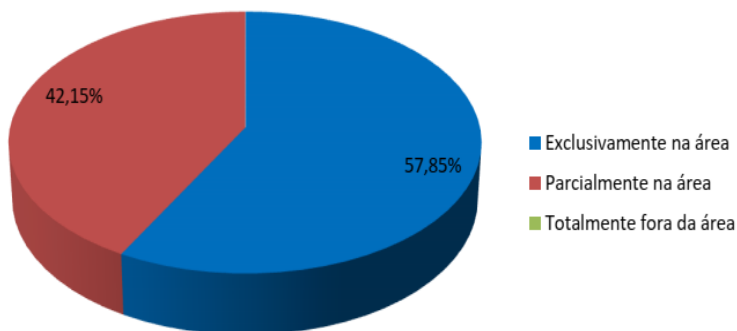


Figura 4. As atividades de PPS executadas foram exclusivamente na área e atuação, parcialmente na área de atuação ou totalmente fora da área de atuação.

Em torno de 55% dos amostrados afirmaram não terem encontrado nenhuma dificuldade para solicitar orientações durante a PPS, e quando solicitado às orientações e os esclarecimentos obtidos foram caracterizados como excelentes e bons (Figura 5A e 5B). Cerca de 70% das atividades desenvolvidas durante a PPS foram compatíveis com o nível de conhecimento e o conteúdo abordado na teoria no âmbito sala de aula (Figura 6A), das quais 83% das atividades permitiram intensificar a integração entre teoria e prática (Figura 6B) e 74% permitiram oportunizar momentos de interdisciplinaridade (Figura 6C). Nessa perspectiva, a PPS configura-se como uma formação complexa e ao mesmo tempo dinâmica, na qual os estagiários traduzem a confirmação de que podem “colocar a teoria na prática”, impactando positivamente em seu processo formativo e permitindo realizar e entender as interrelações disciplinares. Esses dados corroboram aos encontrados por Silva e Torres (2014) ao estudar a visão do discente sobre a interdisciplinaridade como método de ensino, inferindo que trabalhar cada disciplina levando o aluno a perceber as interrelações de seu conteúdo com o das outras disciplinas, permite adquirir uma compreensão crítica das relações existentes na sociedade entre as pessoas, os sistemas e as conquistas decorrentes do conhecimento.

Visivelmente, essa temática interdisciplinar pode ser compreendida como uma forma de trabalhar em sala de aula e fora dela, na qual se propõe um tema com abordagens em diferentes disciplinas. É compreender e entender as partes de ligação entre as diferentes áreas de conhecimento, unindo-se para transpor algo inovador, abrir sabedorias, resgatar possibilidades e ultrapassar o pensar fragmentado. Fazenda (2014), afirma que na prática a interdisciplinaridade é um esforço para superar a fragmentação do conhecimento, tornar este relacionado com a realidade e os problemas da vida moderna. É a busca constante de investigação, no qual o aluno no desenvolvimento de atividades interdisciplinares não constrói sozinho o conhecimento, mas sim em conjunto com outros e tem a figura do professor como uma orientação, um norte a ser seguido. Durante a pesquisa, apenas 4,13% dos estagiários amostrados afirmaram que a PPS não oportunizou momentos de interdisciplinaridade (Figura 6C). Esse número provavelmente remete ao completo desconhecimento do significado do termo interdisciplinaridade ou a não atenção a leitura do questionário.

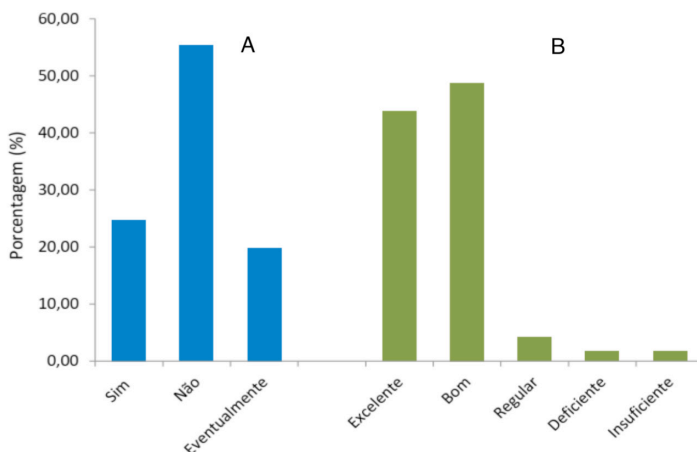


Figura 5. Encontrou dificuldade para solicitar orientações durante a PPS(A), quando solicitado orientações durante a PPS obteve esclarecimentos suficientes (B)

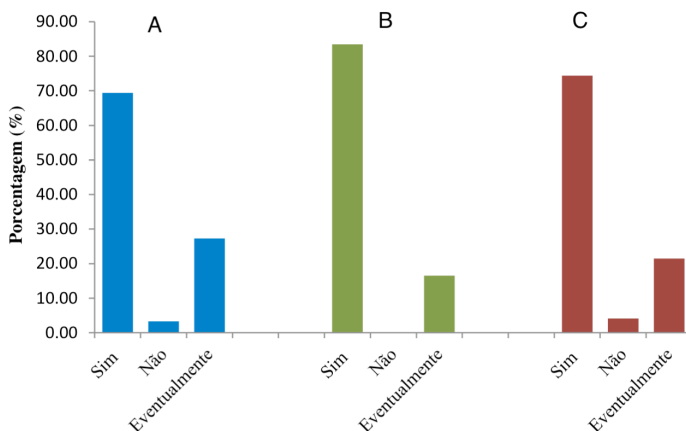


Figura 6. As atividades desenvolvidas durante a PPS foram compatíveis com o nível de conhecimento e conteúdo abordado na teoria(A). As atividades de PPS permitiram intensificar a integração entre teoria e prática(B) e permitiram oportunizar momentos de interdisciplinaridade(C).

Quanto à aquisição de experiência profissional ainda em período acadêmico, a PPS atendeu às expectativas em 74,38% dos amostrados (Figura 7), permitindo a ampliação da visão do mercado de trabalho no setor agropecuário na ordem de 73,55% (Figura 8), confirmando a relação de aquisição de experiência prática para a sua futura atuação profissional e ao perfil ingressante dos acadêmicos de nível médio ao curso técnico em agropecuária, nos quais 61,16% dos amostrados afirmam que a PPS pode influenciar a tomada de decisão em seguir profissionalmente como técnico em agropecuária (Figura 9). E, enquanto futuro técnico em agropecuária, 36,36% e 33,06% respectivamente, afirmaram

sim ou talvez, a manifestação de interesse em seguir profissionalmente em algum curso de graduação na área de ciências agrárias (Figura 10), o que corrobora aos dados de formação técnica em agropecuária com áreas afins.

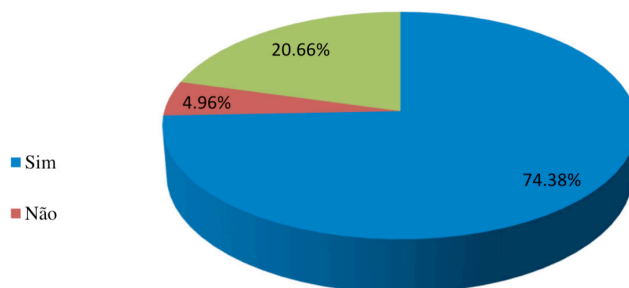


Figura 7. A PPS atende às expectativas em relação à aquisição de experiência prática para a sua futura atuação profissional.

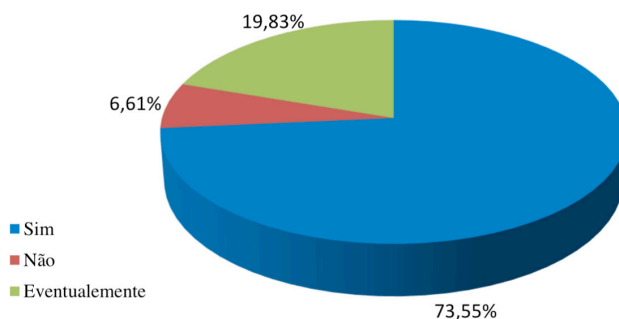


Figura 8. A PPS amplia a visão do mercado de trabalho no setor agropecuário.

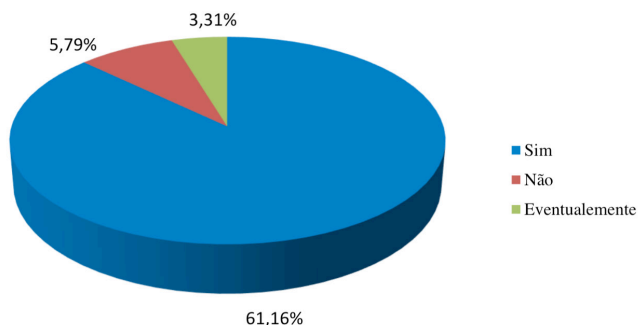


Figura 9. A PPS influencia a tomada de decisão em seguir profissionalmente como técnico em agropecuária ao término do curso.

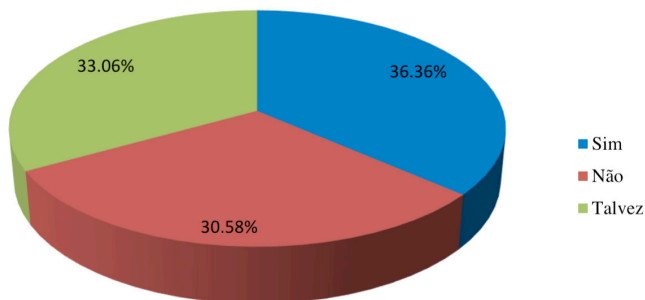


Figura 10. Enquanto futuro técnico em agropecuária tem interesse em seguir profissionalmente em algum curso de graduação na área de ciências agrárias.

No que tange o andamento da PPS (Figura 11A), a receptividade dos supervisores e orientadores (Figura 11B), e relacionamento com o orientador e o supervisor da PPS (Figura 11C), os dados relevam bom andamento, receptividade e relacionamento, permanecendo os percentuais acima dos 50% de aceitação. Isso nos permite afirmar que a relação entre estagiário, supervisor, docente e a unidade escolar é uma relação de proximidade sadia, aprendizagem efetiva e bom relacionamento. Esses precedentes de conduta profissional aos mentores contribuem em experiências e aprendizados que ajudarão aos futuros técnicos em agropecuária em sua carreira profissional, direcionando suas práticas e até mesmo servindo de “espelho”. É digna de nota a capacidade que tem a experiência pedagógica para despertar, estimular e desenvolver em nós o gosto de querer bem e o gosto da alegria sem a qual a prática educativa perde o sentido (FREIRE, 1996, p.142). Quando o orientador e o supervisor atuam nessa perspectiva, eles não são vistos como meros transmissores de conhecimentos, mas como mediadores, alguém capaz de levá-los a refletir sobre seu entorno, assumindo um papel mais humanizado em sua prática docente, permitindo avanços e conquistas do estágio em relação à aprendizagem profissional.

Esses resultados corroboram ao pensamento de Vygotsky (1984), no qual defende a ideia de que a interação social e de mediação é ponto central do processo educativo. Pois para o autor, esses dois elementos estão intimamente relacionados ao processo de constituição e desenvolvimento dos sujeitos. Santos *apud* Wallon (2012) segue a mesma linha de pensamento quando afirma: [...] O professor, antes de “diagnosticar” o aluno como deficiente ou “com problemas”, deve buscar conhecê-lo melhor, por inteiro, para entendê-lo e assim ajudá-lo, numa troca significativa que conduz à aprendizagem de fato, e não só do aluno, mas também do professor, que atualmente deve se ver “como mediador e facilitador.

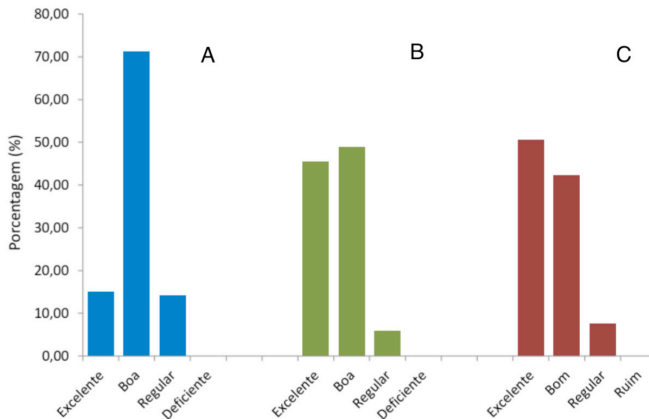


Figura 11. Como avalia o andamento da PPS (A), a receptividade dos supervisores e orientadores (B) e o relacionamento com o orientador e supervisor da PPS (C).

Como finalização da PPS, o projeto de ensino encerra-se com a elaboração do relatório final de PPS. Diante dessa avaliação, 74,38% dos amostrados afirmaram que a elaboração do relatório final de PPS contribuiu com a formação acadêmica (Figura 12), e que a orientação de elaboração do relatório de PPS foi bem organizada, planejada e fundamentada pelo orientador, conforme pareceres de 82,64% dos amostrados (Figura 13). O professor orientador faz toda a diferença perante a prática profissional supervisionada de qualidade, pois “a forma de orientar pode influenciar para uma prática reflexiva” (PIRES, 2012, p.932). Além disso, um bom orientador busca diversificar e desenvolver uma aprendizagem significativa aos acadêmicos, fato este observado nas respostas dos estagiários. O número de acadêmicos amostrados que afirmaram a não contribuição do relatório final de PPS na formação acadêmica e a ausência de organização, planejamento e fundamentação foi insignificante, correspondendo à ordem de 2,48% e 1,65%, respectivamente.

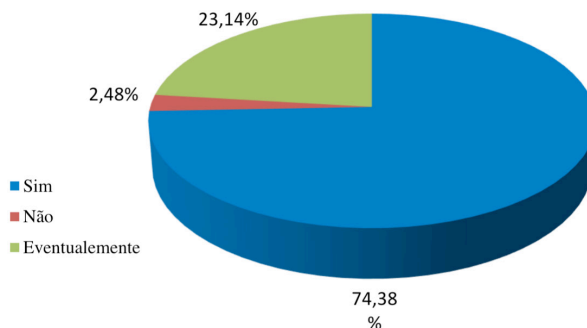


Figura 12. A elaboração do relatório semestral e/ou anual de PPS contribuiu com a formação acadêmica.

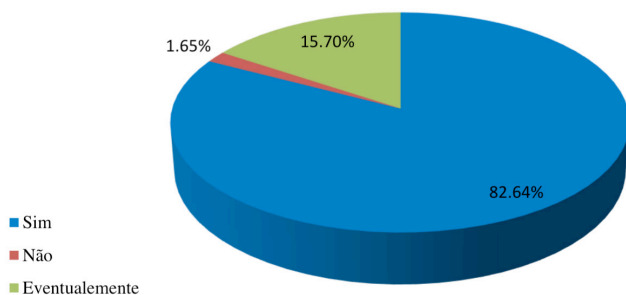


Figura 13. A orientação de elaboração do relatório semestral e/ou anual de PPS foi organizada, planejada e fundamentada pelo orientador.

Contudo, as execuções da atividade de PPS em atuação junto a outros discentes contribuíram para ampliar suas relações sociais e interpessoais na ordem de 54,55%, enquanto que 35,54% afirmaram eventualmente ampliação de suas relações sociais e apenas 9,92% afirmaram não haver efeito significativo da PPS no contexto social (Figura 14).

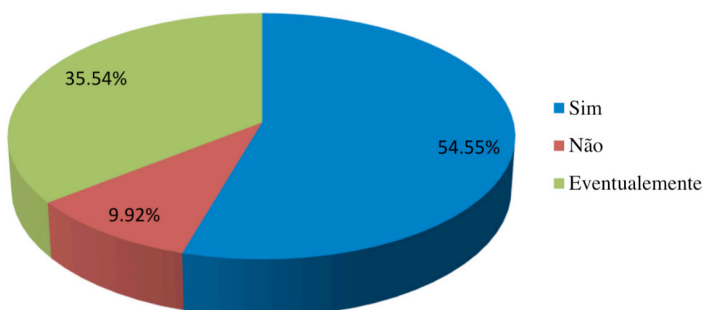


Figura 14. As execuções da atividade de PPS em atuação junto a outros discentes contribuíram para ampliar suas relações sociais.

4 | CONCLUSÕES

A prática profissional supervisionada apresenta-se como uma importante ferramenta para a construção da identidade profissional, caracterizando como é um momento de potencial contribuição para a formação inicial técnica de nível de médio, e deve continuar sendo investigada no intuito de enriquecer o processo ensino-aprendizagem.

A interdisciplinaridade utilizada como método de ensino proporciona aos estagiários de PPS a consciência da importância dessa ferramenta no processo de ensino-aprendizagem e a percepção das interrelações de seu conteúdo com o das outras disciplinas, permitindo adquirir uma compreensão crítica das relações existentes.

A relação entre estagiário, supervisor, docente e a unidade escolar caracteriza-se por proximidade sadia, bom relacionamento e aprendizagem efetiva. Esses precedentes de conduta profissional aos mentores contribuem em experiência e aprendizado que ajudarão aos futuros técnicos em agropecuária em sua carreira profissional.

A pesquisa permitiu uma compreensão mais apurada e crítica da prática profissional supervisionada no âmbito institucional, no que se refere à realização do projeto de ensino didático e suas interrelações, contribuindo para um olhar mais atento as singularidades da formação educacional.

REFERÊNCIAS

PIRES, F. C. O. O papel do professor orientador na efetiva ação do estágio: múltiplas visões. In: XVI-ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino – UNICAMP. Campinas, 2012, p. 930 - 941.

PRODANAV, C.; FREITAS, E. Metodologia do Trabalho científico: Métodos e técnicas do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

SILVA, H.I., GASPAR, M.. Estágio supervisionado: a relação teoria e prática reflexiva na formação de professores do curso de Licenciatura em Pedagogia. **Revista Brasileira Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 99, n. 251, p. 205-221, 2018.

SILVA, M.D., TORRES, A.A.S.. A visão do discente sobre a interdisciplinaridade como método de ensino. **Revista F@pciência**, v.10, n. 1, p. 1 – 11, 2014.

SILVEIRA, D.; CÓRDOVA, F. A Pesquisa Científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D.T. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 56 p.

VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984, 90 p.

FAZENDA, I, C. A.; GODOY, H. P.. **Interdisciplinaridade: pensar, pesquisar e intervir**. Editora Cortez, 2014. 288p.

SANTOS, Felisnaide Martins dos. [online]: A importância da afetividade no processo de ensino e aprendizagem como mediadora da práxis educativa no Ensino. 2012 Disponível em: www.unisulma.edu.br. Acessado em 19 fev 2020.

FREIRE, P.. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários para a prática educativa**. Editora Paz e Terra, 1996. 148 p.

ARANTES, V. A. (org.). **A afetividade na escola: alternativas teóricas e práticas**. São Paulo: Summus, 2003. 237 p.

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS HIDROCLIMÁTICOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 01/11/2020

Data da submissão: 03/09/2020

Maria Emanuela Lima Souza Cardoso

Instituto Federal de Pernambuco - Campos
Recife
<http://lattes.cnpq.br/8152470698609867>

Hernande Pereira da Silva

Instituto Federal de Pernambuco - Campos
Recife
Universidade Federal Rural de Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/180083510048634>

Layane Maria Gomes de Lima

Instituto Federal de Pernambuco - Campos
Recife
<http://lattes.cnpq.br/0690628026980815>

Queylla Aparecida de Barros Oliveira

Instituto Federal de Pernambuco - Campos
Recife
<http://lattes.cnpq.br/8332357312597639>

Maria Aline Lopes da Silva

Instituto Federal de Pernambuco - Campos
Recife
<http://lattes.cnpq.br/5805810329749762>

RESUMO: Nos dias atuais, percebe-se o importante papel das geotecnologias, ferramenta que tem se destacado para estudos de análises ambientais em diferentes escalas, devido ao baixo custo e alto nível de precisão nos dados coletados proporcionando uma maior viabilidade para a realização de estudos em locais de difícil

acesso e áreas de estudo mais extensas. Partindo desse pressuposto, esta pesquisa baseou-se nos conceitos de geotecnologias, sensoriamento remoto e suas aplicações na prática, com o objetivo de avaliar eventos extremos hídricos climáticos na região semiárida de Pernambuco. Com o uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar os eventos extremos no semiárido pernambucano em um espaço-temporal e seus efeitos nos recursos hídricos e quais as consequências para a população. Posto isto, para a realização desta pesquisa foi necessário o levantamento dos eventos extremos ocorridos entre os anos de 2003 a 2017 em todo o semiárido pernambucano, onde os estados de emergência e de calamidade pública contaram-se através de decretos e levantamento do volume dos recursos hídricos. Diante dos dados coletados, foi possível mapear os eventos extremos ocorridos em cada ano e como produto final um mapa temático mostrando os eventos extremos ocorridos a cada ano e a qual cada município foi atingido, possibilitando concluir que a seca é o grande vilão desta região, e que esse fenômeno influencia diretamente os níveis dos reservatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Eventos extremos, Geotecnologias, Recursos hídricos, Semiárido.

ABSTRACT: Nowadays, it is possible to perceive the important role of geotechnologies, a tool that has stood out for studies of environmental analysis at different scales, due to the low cost and high level of precision in the data collected

providing a greater feasibility for carrying out studies in places difficult to access and more extensive study areas. Based on this assumption, this research was based on the concepts of geotechnologies, remote sensing and its applications in practice, with the objective of evaluating extreme water climatic events in the semiarid region of Pernambuco. Using geoprocessing and remote sensing techniques, this research aimed to assess extreme events in the Pernambuco semiarid in a space-time and their effects on water resources and what the consequences are for the population. That said, for the realization of this research it was necessary to survey the extreme events that occurred between the years 2003 to 2017 in the entire semiarid region of Pernambuco, where the states of emergency and public calamity were counted through decrees and volume survey of hydric resources. In view of the data collected, it was possible to map the extreme events that occurred in each year and as a final product a thematic map showing the extreme events that occurred each year and which each municipality was affected making it possible to conclude that drought is the great villain of this, region and that this phenomenon directly influences reservoir levels.

KEYWORDS: Extreme events, Geotechnologies, hydric resources, Semiarid.

1 | INTRODUÇÃO

Os efeitos das mudanças climáticas, já podem ser sentidas em todas as esferas do planeta, onde seus impactos sobre os ecossistemas naturais, agricultura e recursos hídricos já podem ser notados em pequena e grande escala, mostrando o quão perigoso esse fenômeno tem se tornado ao passar dos anos (ASSIS, 2012).

De acordo com o IPCC (2007), órgão das Nações Unidas, há 90% de confiabilidade que o aumento da temperatura da terra está sendo causado por ações antrópicas, e que as áreas semiáridas e áridas irão sofrer uma redução dos recursos hídricos por causa das mudanças climáticas.

Segundo Borges (2018, p. 13) “O crescimento das cidades, principalmente nos países em desenvolvimento, tem ocorrido com grande velocidade, sem que se forneçam os serviços necessários de educação, moradia, saúde, transporte e saneamento adequado, deixando as populações mais vulneráveis a impactos de eventos extremos”, onde já é possível notar a ligação da intensificação desses eventos como reflexo das mudanças climáticas.

A crescente pressão no ecossistema semiárido e as alterações climáticas pode está agravando ainda mais a situação hídrica da localidade, levando ao acontecimento de desastres, e com isso deixando vulnerável a população que reside nos territórios atingidos. “O desastre natural é uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais de grande extensão cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos” (UNISDR, 2009).

O semiárido nordestino é caracterizado pela ocorrência frequente de estiagens prolongadas, decorrentes da conjunção de fatores ligados à precipitação, à evaporação e

aos solos, e com isso torna-se uma localidade extremamente vulnerável a desertificação (GONDIM et al., 2017). A desertificação pode ser definida como sendo a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores (SILVA, 2009).

Um grande problema no semiárido brasileiro por conta dessas longas estiagens que se intensificaram ainda mais nos últimos anos, está sendo o déficit hídrico e um dos territórios bastante afetado é o semiárido de Pernambuco, onde de acordo com dados disponibilizados pela ANA (2018) os reservatórios equivalentes monitorados acima de 10 hm³, se encontraram em baixa contínua no período de 2012 a 2017, tendo uma pequena melhora apenas no ano de 2018.

Com tudo, uma ferramenta que tem se mostrar muito útil e eficaz para o estudo e avaliação desses eventos extremos são as geotecnologias, que são novas tecnologias as quais estão enleadas às áreas afins à geociência, que tem a capacidade de gerar aos seus usuários ações de planejamento, processos de gestão, manejo, monitoramento entre outros fins (FITZ 2008, *apud* TRAUTENMÜLLER, 2009).

O uso de geotecnologias como o sensoriamento remoto e geoprocessamento. Estes são importantes ferramentas de estudo que possibilitam prever e/ou mitigar os efeitos desses desastres no meio ambiente, e com isso ajudar a minimizar os impactos causados ao meio ambiente e a população. Normalmente utilizam softwares como o QGIS para processamento dos dados.

Com tudo, esta Pesquisa teve como objetivo geral a utilização de geotecnologias para avaliar os efeitos dos eventos extremos hidro climáticos no semiárido de Pernambuco no período de 2003 a 2017, sobre os recursos hídricos de Pernambuco e as consequências para a população, para isto se fez necessário, identificar os eventos hidro climáticos ocorridos no semiárido de Pernambuco neste período e identificar os efeitos dos eventos hidro climáticos ocorridos e o grau de impacto nas populações do semiárido de Pernambuco, de posse desses dados se tornou possível a elaboração de mapas temáticos onde podemos visualizar a frequência e a intensidade na do acontecimentos dos eventos extremos em cada município do semiárido pernambucano.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A região semiárido do Brasil representa 18,3% de todo o território, cerca de 1.128.697 km² onde fazem parte dele dez estados somando 1.262 municípios, considerando a delimitação divulgada pela (SUDENE, 2017). A maior parte do semiárido está na região nordeste onde é formado por nove estados, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, e se estende também pela parte setentrional de

Minas Gerais e no Maranhão, como mostra a figura 1. Existem dois biomas predominantes no semiárido que são os biomas cerrado e caatinga, onde a caatinga é um bioma exclusivo do Brasil reconhecido como uma das 37 regiões naturais do planeta ao lado da Amazônia legal.

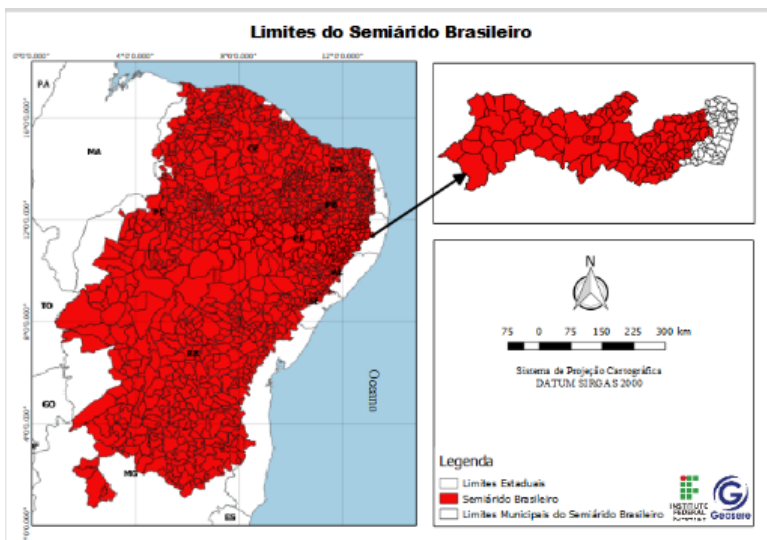


Figura 1: Delimitação do Semiárido Brasileiro

Fonte: Criado a partir de dados da Sudene e IBGE 2017

O semiárido brasileiro é considerado o mais chuvoso do planeta, com uma precipitação pluviométrica de 200 a 800 mm em média por ano, com chuvas concentradas em poucos meses do ano e mal distribuídas, outro problema da região semiárida é a vulnerabilidade a desertificação, onde os municípios do semiárido de Pernambuco são extremamente vulneráveis a esse fenômeno (SILVA 2009).

Em Pernambuco 88% do seu território está em área semiárida, o que corresponde a 123 municípios dos 185 que compõe o estado como mostra a figura 1, com uma área de 86.341 Km² que são susceptíveis a desertificação devido a alterações climáticas de acordo com a (SEMAS-PE 2017), com uma população de aproximadamente de 3.993.975 habitantes.

Devido a sua grande extensão o semiárido de Pernambuco possui diferentes tipos de clima, a região se encontra inserida em três mesorregiões do agreste pernambucano, do sertão e da mesorregião do São Francisco pernambucano, o clima predominante no sertão é o árido e semiárido, onde as chuvas concentram-se nos meses de janeiro/abril e fevereiro/maio, no agreste, região de transição entre o sertão e a zona da Mata, predomina o

clima tropical semiárido e subúmido, as chuvas nesta região concentram-se nos meses de março/junho e abril/julho, destacando-se algumas áreas mais úmidas os brejos resultantes de uma pluviosidade mais abundante.

2.2 Aquisição dos dados

Os dados utilizados nessa pesquisa são fornecido pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), onde foram coletados todos eventos extremos de uma série histórica, que leva em consideração apenas os desastres decorrente de decretos de SE (Situação de Emergência) e ECP (Estado de Calamidade Pública), onde foram levantando os dados dos municípios que fazem parte da região semiárida de Pernambuco entre os anos de 2003 a 2017, levando em consideração todos os eventos que ocorreram ao longo dos anos.

Os dados sobre os recursos hídricos da região foram obtidos na CPRH, APAC, ANA e pesquisas científicas a respeito dos recursos hídricos da região semiárida do brasileira, onde foram levados em consideração os reservatórios com do volume do reservatório equivalente no semiárido de Pernambuco acima de 10 hm³.

Para o geoprocessamento dos dados foi utilizado a versão 2.18.24 do software livre QGIS. Para a realização do mesmo foi necessário criar uma base com arquivos vetoriais, com *shapefile* do semiárido de Pernambuco e do estado de Pernambuco disponibilizado no site do IBGE e o arquivo *raster* do Estado adquirido do site da Agência Nacional das Águas (ANA), com a composição de imagens do sensor OLI do satélite LANDSAT 8.

Para o mapeamento da ocorrência dos desastres naturais, as camadas vetoriais foram divididas em: estiagem, seca, inundação, enxurrada, chuva intensa e alagamento, para cada camada vetorial foi necessário estipular uma cor para a diferenciação.

Após o mapeamento dos eventos extremos acontecidos ao longo do período estudado, se tornou possível mapear as áreas de riscos a cada evento em função da sua frequência, através do mapa *Kernel*. Para isto foi necessário colocar pontos representando o evento extremo que aconteceu em cada município ao longo dos anos, isso foi feito para cada tipo de evento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

É perceptível que ao longo dos anos o semiárido de Pernambuco passou por momentos bem diferentes, até o ano de 2011 alguns municípios apesar de sofrerem com a estiagem e secas excessivas o que é natural para essas áreas com solos bastante rasos que corroboram para os processos de desertificação. Também tiveram episódios de enxurradas, inundações e chuvas intensas no mesmo ano.

Os mapeamentos feitos mostram a realidade de uma região extremamente vulnerável aos eventos extremos e principalmente a estiagem, que se intensificou a partir do ano de 2012 e até o momento as populações tem sofrido com as consequências trazidas por esse longo período de estiagem.

3.1 Eventos hidroclimáticos ocorridos no semiárido de pernambuco no período de 2003 a 2017

A partir, do tratamento dos dados foi possível identificar quais os eventos extremos ocorreram em cada município e sua frequência ao longo dos anos, foram identificados eventos como seca, estiagem, enxurrada, inundações, chuva intensa e alagamento, o que tornou possível fazer o mapeamento dos municípios que foram atingidos por algum desastre natural entre os anos de 2003 a 2019.

De acordo com (GONDIM et al., 2017) desde 2010, diferentes áreas do semiárido nordestino vêm sendo afetadas por uma estiagem, que acabou por se caracterizar como uma das piores já registradas nos últimos trinta anos, sendo confirmada também por estudos realizados pela ANA ao longo dos anos.

De posse dos dados se tornou possível perceber, que a região do semiárido de Pernambuco vem passando por um prolongado período de estiagem, onde em toda a região o evento intensificou-se entre os anos de 2012 a 2019 como mostra a figura 2.

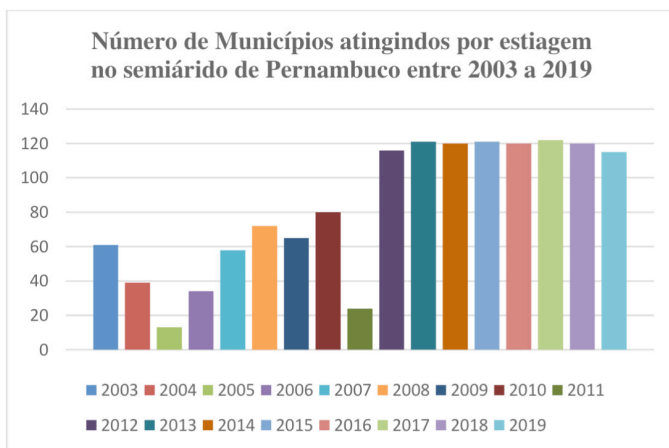


Figura 2: Evolução da estiagem no semiárido de Pernambuco entre os anos de 2003 a 2019 de acordo com os decretos de SE e ECP

Fonte: Construído com dados do S2ID

De acordo com estudos realizados por Borges (2018) entre os anos de 2012 e 2013 o estado de Pernambuco, foi marcado por uma baixa pluviosidade, uma anomalia negativa significativa, no que seria um período de grandes chuvas esperadas, no entanto, apresentou o maior número de novos municípios atingidos pelos efeitos de seca e estiagem. Vale ressaltar que o estudo desenvolvido pela autora levou em consideração todo o Estado. Contudo, a maior parte dos municípios atingidos se encontra na região semiárido, o que concretiza ainda mais os dados mostrado na figura acima.

No ano de 2003 o semiárido já vinha sofrendo com a estiagem onde 61 municípios receberam decreto por causa da ocorrência da estiagem, quando falamos de seca o município de Flores, como podemos visualizar toda a série histórica do acontecimento dos eventos extremos hidro climáticos no semiárido de Pernambuco na figura 3, todos os 62 municípios receberam decreto de estado de emergência, devido a problemas ocasionados pela pouca ou indisponibilidade de água.

No ano de 2004 foi possível perceber o aumento no número de desastres, comparando com o ano anterior, aconteceram episódios de chuva intensa, enxurradas e um caso de inundação que foi no município de Toritama, onde podemos perceber a variabilidade de desastres na região.

A maior parte dos decretos foi por situação de emergência como no ano anterior, mas o que não havia acontecido em 2003 aconteceu no ano seguinte, em quatro municípios foram decretados estado de calamidade pública por conta de enxurradas nos municípios de Brejo da Madre de Deus, Carnaubeira da Penha e Sanharó e por conta de chuva intensa no município de Petrolina.

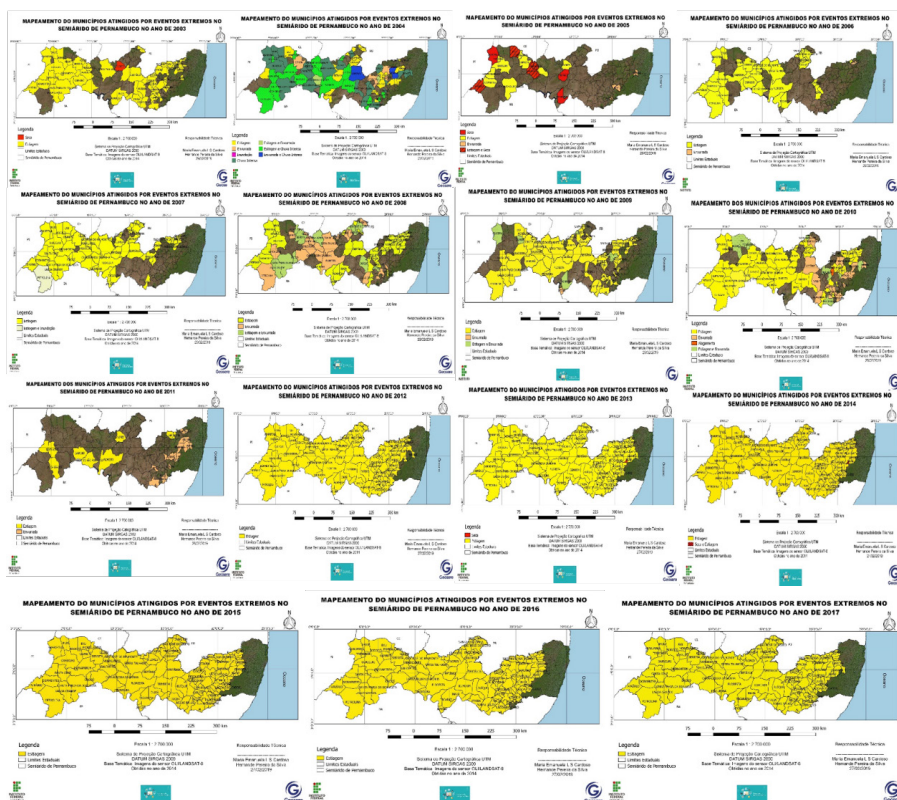


Figura 3: Série Histórica do acontecimento de eventos extremos hidro climáticos no semiárido de Pernambuco

Fonte: A autora (2020)

No ano de 2005 o número de decretos diminuiu bastante, mas foi possível perceber que o número de municípios sofrendo com a seca aumentou comparado com os anos anteriores.

Comparando com o ano de 2003, onde só aconteceu o primeiro caso de seca no município de Flores, e em 2004 que não houve decreto por conta de seca, o ano de 2005 vem com sete decretos por conta da seca nos municípios de Afrânio, Araripina, Betânia, Exu, Salgueiro, Tacaratu, e Verdejante. Por outro lado, cinco municípios sofreram com enxurradas que foram os municípios de Chã Grande, Ibirajuba, Palmerina, Panelas e Pombos.

No ano de 2006 diferente dos anos anteriores, os municípios do semiárido pernambucano sofreram muito com a estiagem, onde cinquenta e sete receberam decretos de situação de emergência, é importante ressaltar que apenas um município sofreu com enxurrada que foi o município de Bom Jardim.

Em 2007, fazendo uma relação com os últimos quatro anos, o número de decretos se tornou alarmante, num total de 123 por conta de estiagem. O número de municípios atingidos pela estiagem chegou a 58, onde todos receberam decreto de SE e apenas um caso de inundação no município de Petrolina.

No ano de 2008, o número de municípios atingidos por eventos extremos aumentou consideravelmente, onde setenta e dois municípios receberam decreto de SE, sendo que setenta e sete decretos foram por causa de estiagem e trinta e um por conta de enxurrada.

Vale ressaltar que alguns municípios sofreram os dois tipos de eventos. Foram os municípios de Buíque, Caetés, Iati, Ingazeira, Lagoa Grande, Orocó, Santa Maria da Boa Vista, São José do Belmonte, São José do Egito, Serrita, Moreilândia, Solidão e Tabira.

No ano de 2009, o número de municípios atingidos por estiagem diminuiu um pouco comparado ao ano anterior. Mesmo assim, o número ainda é considerado alto com um total de sessenta e cinco municípios, onde sessenta e oito decretos SE foi por conta da estiagem e seis por causa de enxurrada. Esta segunda causa atingiu os municípios de Araripina, Belo Jardim, Granito, Jatobá, Solidão e Tacaratu.

Em 2010 houve um aumento considerável no número de eventos extremos que foram estiagem, enxurrada e alagamento. O município de Correntes recebeu decreto de ECP no mês de junho por conta de uma enxurrada que atingiu o município. No mês de março, o município de Sanharó sofreu com um alagamento que resultou em SE.

No ano de 2011, o número de municípios atingidos por eventos extremos diminuiu bastante. Foram apenas vinte e seis municípios, onde nove deles sofreram com estiagem. Um município bastante atingido foi Cabrobó que recebeu três decretos por conta da estiagem e novamente o município de Correntes sofreu com a enxurrada.

A partir do ano de 2012 até o ano de 2017 o que podemos ver é o aumento constante do número de municípios atingidos pela estiagem onde também nesse período tiveram

alguns municípios que por conta do longo período de estiagem a qual passaram, foi decretado SE por causa da seca.

No ano de 2013 o município de Camocim de São Félix foi atingido por estiagem.

A estiagem, com o passar dos anos, foi se intensificando e atingindo um número maior de municípios e junto com isso a diminuição da disponibilidade hídrica da Região.

No ano de 2014, a realidade da região não teve melhoras, apenas um município a menos que o ano anterior, a estiagem continuou e a seca se manteve no município de Camocim de São Félix, e a estiagem atingiu 120 municípios.

No ano de 2015 o número de municípios atingidos pela estiagem passou para 121, mantendo a situação crítica do semiárido que vem desde 2012 passando por um período de estiagem intenso, os únicos municípios que não receberam decreto de SE foram Pombos e Chã Grande.

Em 2016, diferente do ano anterior, três municípios não foram atingidos. Sendo eles, Correntes, Pombos e Chã Grande, apesar disso os municípios atingidos pela estiagem ainda eram muitos.

No ano de 2017, o número de municípios atingidos pela estiagem, que castigou o semiárido de Pernambuco, foi o mais alto. Apenas o município de Chã Grande não atingido pelo evento e os outros 122 foram atingidos.

Apesar da pesquisa abranger apenas o espaço-temporal de 2003 a 2017, onde foi possível perceber o aumento da estiagem em toda a região semiárida de Pernambuco, a região continuou a sofrer com esse evento onde no ano de 2018 um total de 120 municípios sofreram com estiagem e apenas dois com SE devido a enxurrada que foram os municípios de Bodocó e Brejo da Madre de Deus.

Até o ano de 2019, muitos municípios da região do semiárido de Pernambuco foram atingidos. Até o mês de julho, 115 municípios estavam com decretos por conta da estiagem, e alguns municípios passaram por chuvas intensas como aconteceu em Salgueiro no mês de fevereiro e devido a essa chuva forte, outros municípios receberam um alerta do (INMENT) onde estavam incluídos Afrânio, Araripina, Bodocó, Belém de São Francisco, Dormentes, Lagoa Grande e Petrolina.

3.2 Efeitos dos eventos hidro climáticos ocorridos e o grau de impacto nas populações do semiárido de pernambuco

A população do semiárido pernambucano tem sofrido muito com as consequências da estiagem, a região que mais tem sentido essas consequências levando em consideração o número de municípios atingidos é a região do Agreste de Pernambuco. Segundo Gondim et al. (2017) os volumes dos reservatórios, essenciais para a segurança hídrica na região semiárida, vêm reduzindo significativamente, chegando ao colapso em muitos casos. No ano de 2017 como mostra a figura 4, de acordo com os dados disponibilizado pela ANA (2018), o nível dos reservatórios equivalentes no semiárido de Pernambuco foi o mais baixo desde 2012, tendo uma leve melhora apenas no ano de 2018 cerca de 11% de aumento

no volume dos reservatórios. Mas, vale ressaltar que a situação dos reservatórios foi muito preocupante neste ano por conta do baixo volume.

Esse acompanhamento abrange os volumes armazenados de um total de 533 reservatórios localizados nos nove Estados da região do Nordeste, dentre os quais, 280 com capacidade igual ou superior a 10 hm³ (GONDIM et al., 2017).



Figura 4: Evolução do volume do reservatório equivalente no semiárido de Pernambuco acima de 10 hm³

Fonte: Adaptado de dados da Agência Nacional de Águas (ANA 2018)

Quando pensamos em disponibilidade superficial de água no Brasil os números são desproporcionais com a população de cada região, onde a Região Norte tem a maior disponibilidade hídrica, cerca de 68,5% da concentração hídrica do país, tendo apenas uma densidade demográfica de 4,12 hab/km², enquanto o Nordeste com uma densidade demográfica de 34,15 hab/km², sua concentração hídrica é de cerca de 3,3%, o que mostra o porquê da população do Nordeste sofrer tanto com a falta de disponibilidade hídrica na região (ANA,2010).

Podemos relacionar essa crise hídrica devido à baixa pluviosidade da região principalmente no período estudado e a mal distribuição da mesma quando acontece, vale ressaltar que em alguns municípios do semiárido pernambucano não dispõe de um rio principal ou qualquer outro meio de disponibilidade hídrica, se tornando dependente do abastecimento por meio de carros pipas, pois muitos municípios possuem apenas riachos que são intermitentes devido as condições de pluviosidade durante o ano.

A crise hídrica na região hoje é uma das grandes preocupações das autoridades políticas, pois interfere diretamente na economia e na vida da população desses municípios. Segundo o Atlas Brasileiro foram registrados 2 óbitos, 806 pessoas enfermas, 728 pessoas

desalojadas, 13.312 pessoas atingidas por outros tipos de danos e 5.255.635 pessoas afetadas em todo o Estado entre os anos de 1991 a 2012, devido à estiagem e seca.

Estudos como o de Borges (2018) relata a realidade do Estado de Pernambuco à vulnerabilidade a doenças diarreicas das populações frente a eventos extremos, comprovando que uma crise hídrica traz sérios problemas públicos de saúde, com altos números de pessoas infectadas por vetores e parasitas devido à falta da água ou o excesso da mesma.

3.3 Áreas de risco à população dos efeitos hidro climáticos no semiárido de pernambuco

A região semiárida do Brasil é extremamente vulnerável a desertificação. Segundo o relatório do IPCC (2007), no Brasil, a região semiárido será uma das mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. Os cenários futuros sinalizam para a tendência de estiagem no nordeste, apontando para maior aridez da região semiárido até final do Século XXI (ANGELOTTI et al. 2015).

Como produto do mapeamento dos eventos extremos que aconteceram entre os anos de 2003 e 2017 foi possível criar cenários em função da frequência e intensidade desses eventos e como eles podem interferir na vida das populações e do desenvolvimento econômico da região.

Na figura 5 podemos visualizar o mapeamento no modelo *Kernel*, onde foi possível identificar os municípios de acordo com seu grau de vulnerabilidade relativa, levando em consideração os eventos extremos entre os anos de 2003 a 2017 e a extensão do município. Partindo disto, quanto menor a extensão do município mais vulnerável ele será aos danos provocados pelos eventos extremos.

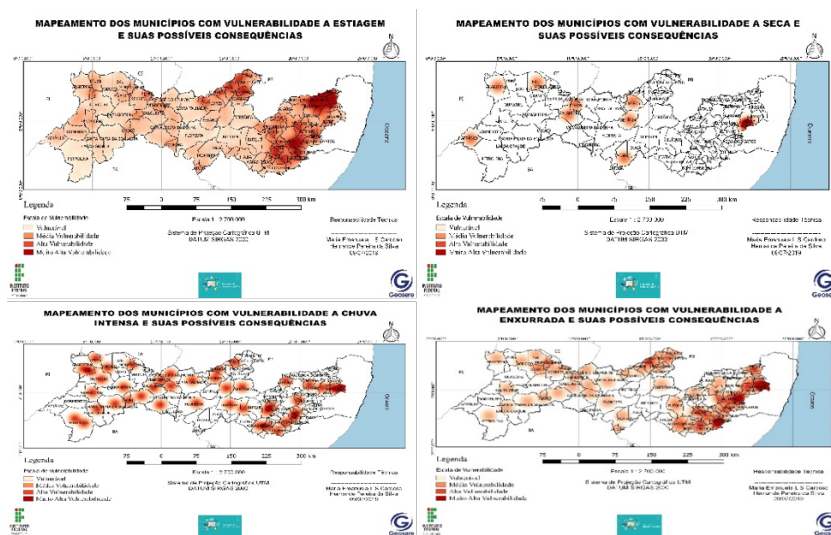


Figura 5: Mapeamento da vulnerabilidade dos municípios a ocorrência de eventos extremos hidro climáticos e suas consequências

Fonte: A autora (2020)

A estiagem por ter uma maior ocorrência, conseqüentemente possui maior área de vulnerabilidade. Todos os municípios, em algum momento foram atingidos pelo Evento, quando cita-se em números, do total de municípios, 47 deles foram atingidos entre 9 a 13 anos no espaço-temporal da pesquisa. O município mais atingido foi o de Santa Filomena. A região que tem uma alta vulnerabilidade é a região do Agreste onde o número de municípios é maior e são muito próximos, fazendo com que as conseqüências da estiagem atinjam uma maior extensão. Já a seca, atinge um número menor de municípios onde os municípios com alta vulnerabilidade são Sairé e Camocim de São Félix e com média vulnerabilidade alguns municípios do sertão como Araripina, Exu, Afrânio, Salgueiro, Flores, Verdejante, Betânia e Tacaratu.

Em relação a alagamentos, apenas um município foi atingido que foi o de Sanharó e por isso não foi viável a construção de um mapa com apenas um caso pois mostra a quase inexistência desse evento na Região, apesar desse fato, houveram alguns casos mesmo de chuva intensa, onde no período estudado, um total de 29 municípios foram atingidos. Os municípios com uma vulnerabilidade muito alta são alguns municípios da região do Agreste e alguns do Sertão como Araripina.

Já no caso das enxurradas poucos foram os episódios, a região do Agreste é a mais vulnerável a esse evento principalmente nos municípios que estão na transição da Zona da Mata para o Agreste. São os municípios de Pombos, Gravatá, Bom Jardim, Palmerina, Correntes, São Joaquim do Monte, Agrestina e parte de Bezerros que apresentaram muito alta vulnerabilidade a esse Evento. E os municípios como Caetés, Solidão, Terezinha e parte de Altinho estão entre os municípios com alta vulnerabilidade.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados analisados foi possível observar que o acontecimento de eventos extremos na região semiárido de Pernambuco tem aumentado consideravelmente, principalmente a estiagem que nos últimos anos tem se intensificado e com isso trazendo sérias conseqüências para a Região, onde os 123 municípios que fazem parte do semiárido pernambucano em algum momento do período estudado foi atingido pela estiagem.

A crise hídrica é a principal conseqüência desse longo período de estiagem que tem deixado os níveis dos reservatórios bastante preocupante, onde no período estudado estes níveis variou de 42,40% chegando a 13,10% no ano de 2017, os mesmo fazem parte do abastecimento de água dos municípios, onde muitos deles são dependentes dos mananciais de outros municípios pois os mesmo não tem disponibilidade hídrica suficiente para o abastecimento de toda população. Diante disto podemos concluir que não apenas o município que está passando pelo evento naquele momento é único atingido pois um outro município também depende de seus recursos, essa realidade afeta diretamente as famílias dessa região.

Nesse sentido, a região estudada mostra a necessidade contínua de monitoramento e de estudos como este que possibilitem uma análise detalhada do acontecimento desses eventos que castigam constantemente essa região, e que seus impactos podem vir a atingir municípios que não fazem parte do semiárido de Pernambuco. O uso das geotecnologias se mostra uma ferramenta essencial para auxiliar na criação de ações de adaptação, indicando áreas prioritárias para execução das mesmas e com isso auxiliar na tomada de decisão de possíveis políticas públicas para adaptação da realidade climática da região.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>. Acesso em 10 de Janeiro de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Observatório da Escassez Hídrica no Semiárido aponta melhora relativa nas condições da região**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/observatorio-da-escassez-hidrica-no-semiarido-aponta-melhora-relativa-nas-condicoes-da-regiao-1>. Acesso em 13 de Janeiro de 2019.

ANDRESSA CAROLINE TRAUTENMÜLLER; ROMÁRIO TRENTIN. **Geotecnologias aplicadas ao âmbito escolar** (1). n. 1, p. 3–4, 2009.

ANGELOTTI, F.; SIGNOR, D.; GIONGO, V. **Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Experiências e Oportunidades para o Desenvolvimento**. Revista Brasileira de Geografia Física, p. 484–495, 2015.

ASSIS, J. M. O. D. A. **Análise de tendências de mudanças climáticas no semiárido de pernambuco**. p. 1–166, 2012.

BORGES, M. A. D. L. **Vulnerabilidade da população de Pernambuco a ocorrência de doenças diarreicas depois de eventos extremos**. 2018.

COSTA, J. E. V. DA; SILVA, H. P. DA. **Utilização de geoprocessamento no estudo da evolução espaço-temporal dos processos de desertificação no estado de Pernambuco, BRASIL**. Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação. Disponível em: <https://urupemba.ifal.edu.br/back-end/pdf/document/?id=16457>. Acesso em: 11 de julho de 2019.

GONDIM, J. et al. **A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos O contexto da seca e os recursos hídricos na Região Semiárido do Nordeste**. Parcerias Estratégicas, v. 22, n. 44, p. 277–300, 2017.

IBGE. **Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas-mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 05 de Janeiro de 2019.

MARTINS, C. et al. **Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no Semiárido De Pernambuco**. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v. 34, n. 6, p. 1883–1890, 2010.

SILVA, Hernande Pereira da. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no Semiárido de Pernambuco a partir de imagens de satélite**. 2009. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, 2009.

SUDENE. **Delimitação do semiárido**. Disponível em: <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em 07 de Janeiro de 2019.

TRAUTENMÜLLER, A.C.; TRENTIN, R. **Geotecnoigoias aplicadas ao âmbito escolar** 2009.

UNISDR. **Termología Sobe Reducción del Riesgo de Desastres**. 2009.

SYSTEMS CONCURRENT ENGINEERING TECHNIQUES APPLIED TO MAP AND TO MONITOR BRAZILIAN SHORE CORAL REEF BY USING A SATELLITE MISSION

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 25/07/2020

Isomar Lima da Silva

Space Engineering and Technology - National
Institute of Space Research-INPE, São José
dos Campos - SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/2850176208849053>

Geilson Loureiro

Space Engineering and Technology - National
Institute of Space Research-INPE, São José
dos Campos - SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/7824447045520901>

José Wagner da Silva

Space Engineering and Technology - National
Institute of Space Research-INPE, São José
dos Campos - SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/5174955988023130>

Andreia Sorice Genaro

Space Engineering and Technology - National
Institute of Space Research-INPE, São José
dos Campos - SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/1326926734177295>

Samara de Toledo Damião

Student in Space Engineering and Technology -
National Institute of Space Research-INPE, São
José dos Campos - SP, Brazil
<http://lattes.cnpq.br/6103213814018736>

ABSTRACT: This work aims to demonstrate how the Systems Concurrent Engineering (SCE) process and its multidisciplinary collaborative techniques can be used in the development of a satellite mission to map and monitor coral reefs in the Brazilian coast. For that, a simultaneous product development approach will be used with the aim to derive, develop and validate a balanced solution during the product life cycle that satisfies the stakeholder's expectations. This approach was chosen due to the development target product having a complex nature, needing clarity in the definition of user's necessities, required functionalities, systematic documentation of the requirements and validation considering the whole problem. The application of systems engineering in this work comes from stakeholder analysis, requirements analysis, functional analysis, system architecture, detailed design and other aspects related to the used approach. The simultaneous engineering approach of systems has proved to be very effective during the development of complex systems. Its application in the life cycle of CoralSat project allows a glimpse of problems of the solutions during the life cycle (development). The processes of SCE made possible the modeling of CoralSat system since its initial stage with the mission analysis of the product and organization, until its finalization, always seeking to attend the stakeholders needs, being this system ready for the point of view of the operation of the requirements.

KEYWORDS: Systems engineering, Mapping, Satellite, Coral Reefs, Stakeholder.

TÉCNICAS DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA DE SISTEMAS APLICADAS PARA MAPEAR E MONITORAR O RECIFE DE CORAL DA COSTA BRASILEIRA USANDO UMA MISSÃO DE SATÉLITE

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo demonstrar como o processo de Engenharia Concorrente de Sistemas (SCE) e suas técnicas colaborativas multidisciplinares podem ser utilizadas no desenvolvimento de uma missão de satélite para mapear e monitorar os recifes de coral no litoral brasileiro. Para isso, será usada uma abordagem simultânea de desenvolvimento de produto com o objetivo de obter, desenvolver e validar uma solução equilibrada durante o ciclo de vida do produto que atenda às expectativas das partes interessadas. Essa abordagem foi escolhida devido ao produto-alvo de desenvolvimento ter uma natureza complexa, necessitando de clareza na definição de necessidades do usuário, funcionalidades necessárias, documentação sistemática dos requisitos e validação considerando todo o problema. A aplicação da engenharia de sistemas neste trabalho vem da análise das partes interessadas, análise de requisitos, análise funcional, arquitetura do sistema, projeto detalhado e outros aspectos relacionados à abordagem utilizada. A abordagem de engenharia simultânea de sistemas provou ser muito eficaz durante o desenvolvimento de sistemas complexos. Sua aplicação no ciclo de vida do projeto CoralSat permite vislumbrar problemas das soluções durante o ciclo de vida (desenvolvimento). Os processos da SCE possibilitaram a modelagem do sistema CoralSat desde seu estágio inicial, com a análise da missão do produto e organização, até sua finalização, buscando sempre atender às necessidades das partes interessadas, estando este sistema pronto para o ponto de vista da operação do os requisitos.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de sistemas, Mapeamento, Satélite, Recifes de Coral, Stakeholder.

1 | INTRODUCTION

Systems engineering is the multidisciplinary and collaborative approach which requires an holistic vision, from the initial through the last one phase of life cycle product, with the multidisciplinary engineering which contributes to the derivation of a balanced solution over the life cycle attending the expectations of all stakeholders and shareholders, Loureiro (1999). The systems engineering process, runs along the cycle, are composed by three stages of a system solution: derivation, evolution and systemic solution verification. From the need statement expression so far the product acceptance and readiness for use, operate and than disposal phase, Loureiro (1999),

For Fulundi (2011), systems engineering is an interdisciplinary approach that, through collaboration, turns possible the implementation of highly complex systems. In addition to serve as an integrator of different specialties knowledge focusing on team effort, the systems Engineering provides the management of several stakeholder interests considering both the business and technical needs of all customers. The goal is to provide a high quality product that meets the customer needs who will be benefit with a product resulting from a complex project, Fulundi (2011). Into the space sector, the products usually derive from complex

projects that requires high quality and reliability, and these characteristics justify the use of a multidisciplinary and collaborative engineering approach in the projects or missions to reach all stakeholders.

The demonstration of systems engineering application techniques in the design and development of lifecycle processes to a satellite mission to map and to monitor the reef coast of Brazilian coral is the main objective in this paper.

The motivation to choose the application of a satellite mission for the mapping of coral reefs is due to the constant urbanization of the Brazilian coastal area, in this way the coral biome has been affected over the last decades. Another cause identified is the pollution and disturbance arising from the shore occupation, in other words, the coral health has been declining and its degradation can be captured using technologies. The whitening of the corals indicating the beginning of their life declining, coral death affects the ecosystem of which it is composed, also makes navigate more difficult, and its hardened carcass may cause serious damage to the hull of vessels.

It is because all of these problems that the need for a constant verification of the coastal region becomes imperative and to meet this need the CoralSat satellite was developed.

The coastal strip of Brazil has more than 8.5 thousand kilometers in length and until today there is none constant and effective mapping and monitoring of coral reefs as what can be done by satellite equipment as CoralSat can perform.

That said, this article is based on the systems concurrent engineering method developed by Loureiro (1999), which proposes the product and the organizations simultaneously development and implementation into the product life cycle in the course of Simultaneous Systems Engineering processes.

Using the systems engineering approach and tools, the scenarios proposed in the CoralSat design were divided into six parts (Mission, Life Cycle, Stakeholder Analysis, Requirements, Functions e Architecture) thus enabling a clear layout of the system parts and their respective purposes.

The work that follows present the effort of a Systems Concurrent Engineering analysis on CoralSat mission and its life-cycle analysis considering product and organisation. The chosen operation scenario aforementioned as example is: Sensing. During this scenario, the CoralSat receives data from ground station; processes, treats and stores data; sends data to the ground station.

This paper structure this Introduction containing this paper objective; 2. Systems Concurrent Engineering references and methods; section 3. CoralSat mission analysis and description; section 4. Stakeholders, Requirements, Functional analysis, Architecture and Design are described considering Sensing of CoralSat as an operational scenario example; section 5. Mission discussion exploring the work results significance; and section 6. The main study conclusion.

2 | REFERENCES AND METHODS

2.1 Systems Engineering

Described as a multidisciplinary approach collaborative of engineer to derive, develop and verify a balanced solution throughout the life cycle and that meets the expectations of the stakeholders, INCOSE (2015), System Engineering can also be seen as:

- An engineering approach;
- Applicable to the development of complex products.

In the space area, it is used in the development of products from set of gears to satellites to control the Earth's orbit, as a basis for the requirements established by the stakeholders, Stevens (1998).

2.2 Stakeholders

Stakeholders are individuals and organizations actively involved in the project or whose interests may be affected as a result of project execution or termination, INCOSE (2015) and Genaro et al. (2014).

For PMBOK, Stakeholders can be viewed as “an individual, group, or organization that may affect, be affected, or be affected by a decision, activity, or a project outcome,” PMI (2017). It can be considered as stakeholders from the members of the project developer team, sponsor, suppliers, company owners, external public (customers) among other stakeholders depending on the type of project in question.

2.3 Requirements analysis

For Loureiro (2010), the requirements analysis is to systematize the process of defining the requirements, obtaining a correct and complete specification of the same for elaboration of the Requirements Document, as the process of acquisition, refinement and verification of the stakeholders needs.

Requirements Analysis can be seen as the initial contact between the developers and the buyers of the project, it is considered the activity “what the system should do and not how it will be implemented”, PMI (2017).

2.4 Functional Requirements

Functional requirements are functional statements of how the system should react to specific inputs and how it should behave in certain situations where there is interaction between the system and its environment. They can also explicitly state what the system should not do; the specification must be complete and consistent according to Loureiro (2010). This specification comes with the functional analysis being performed simultaneously for the elements of the product and the organization”. In this way, an essential functional architecture is derived and other nonfunctional requirements are captured, an allocable functional architecture is obtained from the iterative partitioning and from the essential functional architecture grouping Loureiro (2010).

2.5 Method

2.5.1 *Use of Systems Engineering*

As part of the CoralSat development method, we initially sought to identify all the tasks that should be performed by defining them in order to be performed throughout the development cycle.

The identified activities were grouped in stages or in phases to enable management and verification following verification criteria established by the Stakeholders at the beginning of the project. From this phase, the application of the systems engineering approach began, aiming to join in a development effort with those involved in all areas relevant to the project.

The mission statement was initially made, followed by the product life cycle processes definition, and the start of the scenario definition, from these steps the processes for CoralSat system architecture development began.

For the product and system organization elements, the simultaneous development approach was used where stakeholder analysis, requirements analysis, functional analysis and implementation were done resulting in system requirements, functional architecture and implementation architecture executed at the same time INCOSE (2015).

The systems concurrent engineering development approach allowed a better management of the tasks inserted in each development phase. This approach enabled the team to have a macro view of the Coral-Sat project life cycle, and thus subdivide the phases into tasks or even sub-phases or sub-tasks, which facilitated the mission systemic development in all stages of processes execution from conception to disposal.

The product life cycle processes requirements were considered since the beginning of development, so many times it was possible to anticipate requirements, and thus reduce the risk of changes that could occur during the project development.

2.5.2 *Stakeholders needs*

The application of Systems Engineering approach to develop CoralSat satellite mission and the choice to carry out this study was based on the needs observed by the main project Stakeholders: Brazilian Navy, researchers from IBAMA, Environmental Organizations and INPE.

One of the points most emphasized by the environmental area Stakeholders was the occurrence of degradation of the coral reefs of the Brazilian coast due to bleaching. In its technical language, “bleaching is the death of the polyps, this is caused by the destruction of the zooxanthellae, unicellular algae that live within the celery of the polyps and provide them with part of the necessary food, through photosynthesis, or by plankton reduction”, Luiz (2018). From that point on, Stakeholders needed a system capable of mapping Coral

Reefs, and collecting data on their growth and degradation, identifying the whiteness that has arisen with much frequency.

As a requirement, the stakeholders needed accurate and continuous images of coral reefs generated by CoralSat, the design was defined following an image accuracy of 0.5m minimum and a data precision of 96%, the spectral wavelength ranges from 310 nm to 750 nm with an error of +/- 15%. The images capture cycle at the same point every 26 days, and the data transmission being performed to the CoralSat Operation Center within 24 hours after the capture.

When Center of Operation Control CoralSat receives the data, the responsible team analyzes quality data and then release and disclosure to the “Stakeholders - Brazilian Navy, researchers from IBAMA, Environmental Organizations and INPE.”

The data to study and identify the regions where the degradation and where development “growth” of the corals occurred, will be updated every 26 days after new analysis.

2.5.3 Requirements Analysis accomplishment

During the requirements analysis application, all the stakeholder requirements has been analyzed considering the research, definition and scope, further subdivided into four different scenarios: Plan of Verification and Tests, Thermal Test, Transport and Sensing. Each one of them are part of one type of scenario (development/product) as follow. The first one cited “Plan of Verification and Tests” is part of the organization during development scenario; “Thermal Test” is part of the product in a non-operational scenario; “Transport” represents Satellite transport to the launch pad being part of the organization in a non-development scenario; and “Sensing” is part of the product in an operational scenario.

As part of the requirements control, all the main objectives were listed for TBD verification, containing the following options: P - performance, F - functional, C - capacity and R - restriction, analyzing compliance, concerns, constraint and verification (procedure and type of test or simulation).

From the stakeholder requirements, the systems concurrent engineering allows to define its acceptance criteria and qualification strategy. Subsequently, the system requirements analysis was performed from the stakeholder requirements point of view for the product in the operation scenario, for product in the nonoperation scenario, for organization in the development scenario and for organization outside the development scenario.

3 | CORALSAT

The need of who are involved in mission development is to check the aforementioned coral bleaching, so that, based on whitish coastal areas (coral death behavior), they will be able to take swift action prior to solve the problem. At beginning of the project, the idea given

was the creation of a satellites constellation for reach the purpose. These satellites would be responsible for collecting the images of the area composed of corals and these images would be transmitted to INPE from where they would be made available to the Navy, IBAMA and other environmental agencies as well as made available to the public when required.

After that, when Navy receives the image data, they will be able to redesign their routes in order to protect the vessels that would navigate through the affected area, and IBAMA would take actions related to the corals protection and conservation. Although the primary concept presented would fully address stakeholder needs, the same cannot be said of the budget required to design such a constellation; for this reason another idea was proposed: the use of only one satellite to carry out the task. The new proposal fits both the needs of all stakeholders and their financial constraints. Figure 1 shows how performance model was approached.

Developed to operate during five years, CoralSat is able to monitor a coastal strip of 8,500 kilometers and collect the data within the 26 day period with 0.5m of precision. Thus, with the information collected, it is possible to detect not only the corals whitening, but also the speed of their degradation and their growth. Therefore, the satellite is able to accomplish its purpose within the expected and following the requirements and acceptance criteria.

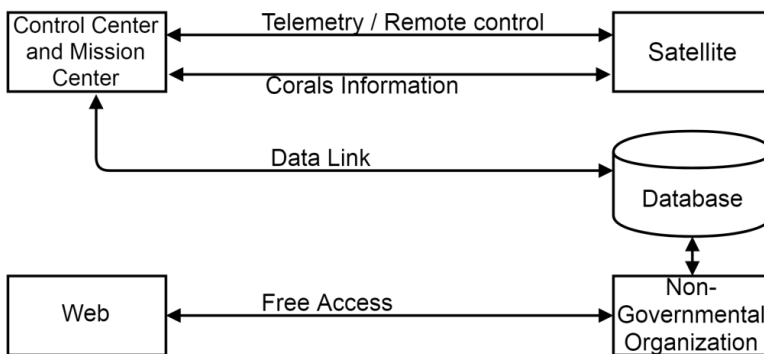


Figure 1. CoralSat performance model.

The application of systems engineering for the development of this mission (CoralSat) took about three months to be completed. The project was divided into several parts, so that each part of the strand could be applied separately and finally, each part of this mission received the proper decomposition of its purpose. One presentation was arranged with every part of the product, since its conception to the development phase. This presentation make it clear that the product perform as a whole more than its parts alone: this proved the value of the application of Systems Engineering in achieving the excellence of the product.

4 | APPLICATION OF SYSTEMS ENGINEERING

This chapter presents the approach used to apply systems engineering in the CoralSat project, with objective to demonstrate how this technique involves all areas and professionals since of the design of the project, all elements of the life cycle, the conception, until disposal of the product INCOSE (2015). From this assumption we emphasize here the stakeholder analysis, requirements analysis, functional analysis, architecture and detailed design. In order to exemplify the systems engineering processes, this article demonstrates an example of operational scenario (Sensing) and an organizational scenario (test plan and verification).

During the development, all analyses and methods applied for the CoralSat mission are implemented through Concurrent Engineering of systems, in other words, each analyze of the life cycle scenarios includes product and organization at the same time.

4.1 Stakeholders Analysis

The Stakeholders analysis of the CoralSat mission was made based in the choice of four scenarios of the life cycle processes of the mission, to be broken down. These four distinct scenarios are: test plan and verification, thermal testing, transport and Sensing. The sensing operation scenario, the test plan and verification of organization development scenario, the thermal testing are non-operational scenarios, while the transport of the satellite to the launch base is the organizational scenario of not-development.

To decompose the scenarios was used the analysis technique MoEs to analyse the measures of effectiveness, or the metrics which will be measured the satisfaction of a stakeholder with the products produced by the technical effort, IEEE (2005).

The purpose of using MoEs was to estimate the stakeholder satisfaction throughout the product life cycle. For this we applied the MoEs, approaching the following characteristics: if they are related to the performance; if they are simple to declare; if they are testable; if they are complete; if they are quantitatively measured and if they are easy to measure, AirForce (2013).

As an example of the use of MoEs for measures of effectiveness, the Figure 2 shows the product in the operating scenario: Sensing. The measurement is performed upon calibration of the satellite sensor.

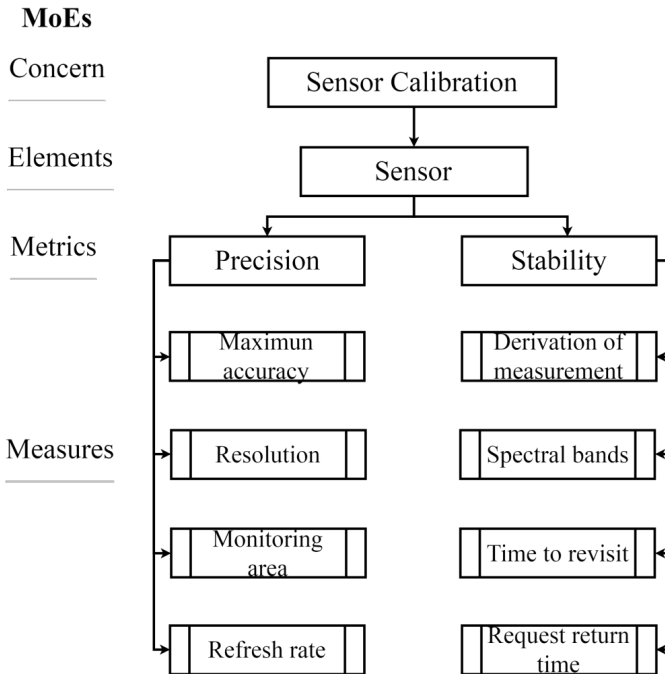


Figure 2. MoEs of the product in operation scenario: Sensing..

The purpose of apply of the MoEs technique to the sensor was to analyze its performance, effectiveness and measure the ability of it to meet their operational usages laid down over your life cycle.

4.2 Requirements Analysis

Requirement can be defined as: a required attribute in a system; a statement that notes a resource; characteristic or quality factor of a system to make it useful, has value to a client or user, Young (2004). The requirements analysis consists in activities concerning with research, definition and the scope of a need of the concerned persons.

From the conceptual definitions of requirements analysis, within each scenario were defined the stakeholders requirements and these were decomposed into organization requirements, as an example, we have in the scenario Test Plan and Verification like a development scenario for the organization and like stakeholder the testing team, who shall follow the standards and procedures set out in the CoralSat “quality assurance document”, which has been decomposed into requirements such as:

- The organization shall configure the quality assurance documents for the CoralSat project;

- The organization shall configure the standards required by the quality assurance of the CoralSat project;
- The organization shall create a list of the activities of the test and verification plan, where each document contains what is necessary for the accomplishment and validation.

4.3 Functional analysis

Functional analysis results in a description of the structure and the required functional behavior, in other words, what the system shall be do, where the structure shows a static view of the system functions and the behavior defines how the when and while functions shall be executed, which are described by modes and state transitions, states and state conditions INCOSE (2015). The Figure 3 shows the functional mode transition diagram for the product in operating scenario: Sensing, and Table 1 the projection of the modes in each circumstance.

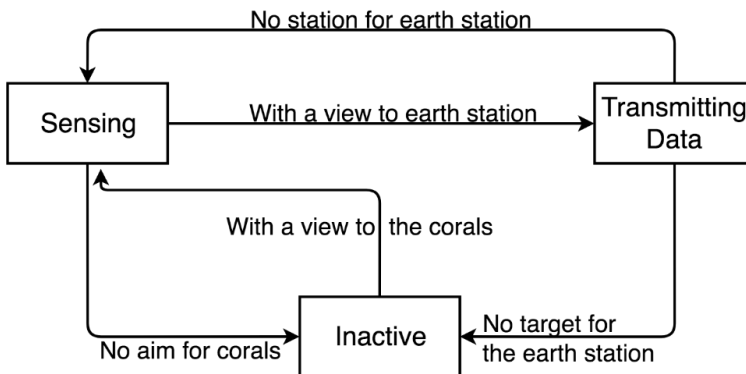


Figure 3. Functional transition diagram of modes.

For the functional analysis of the CoralSat, after decomposing the life cycle for each of the scenarios chosen, a functional context diagram was created, which represents the flows exchanged between the elements of the system environment. Besides the functional context diagrams, an architecture context diagram was made for each scenario, which in turn represents the means by which the exchanges are made between the system and the environment around it. Figure 4 shows the functional context for the product in the operating scenario: Sensing.

MODO	CIRCUMSTANCES	
	Aimed at the corals	Aimed at earth station
Sensing	Yes	Yes
Transmitting	Yes	Yes
Inactive	—	—

Table 1. Analysis of circumstance and modes.

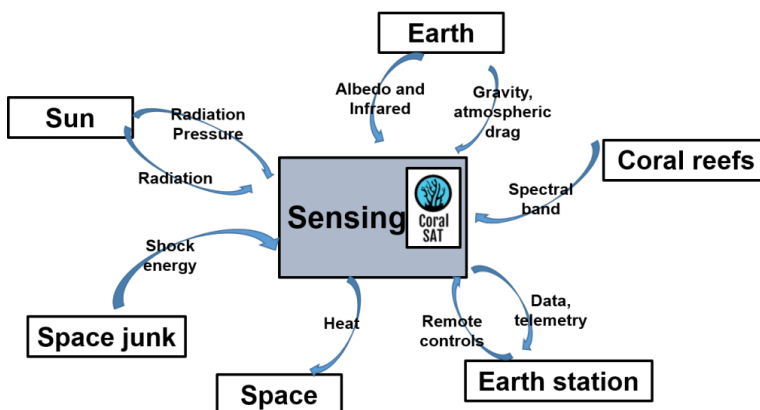


Figure 4. Context analysis for the product in the operating scenario: Sensing.

With the elaboration of these diagrams it was possible to observe which elements in the system environment exchange energy, material and information with the CoralSat system. With the identification of their own, it was possible to define the logical external interfaces between the system and its environment. The Figure 5 represents the architecture context diagram for the product in the operating scenario: sensing.

During the context analysis, a list of elements which interacting with the system was created for each relevant scenario. For each chosen scenario, its analysis was aimed to identifying elements in the system environment and if is required an additional analysis to the scenario.

For each stream and each element in the system environment, a data dictionary with more detailed specifications was made, which was related to the external functional interfaces of the CoralSat system.

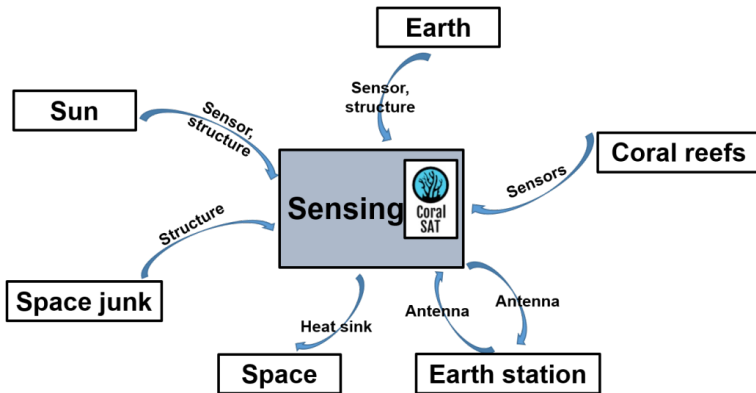


Figure 5. Product in Operation Scenario: Sensing.

Subsequently, the circumstance analysis was started, where the circumstances are the combinations of possible attributes values of elements in the environment and the ows in the system context. This analysis was performed for the four scenarios and had aimed to identify each element in the environment and/or each ow in the context diagram the most relevant attributes and describing them, INCOSE (2015). The circumstance analysis served as the basis for carrying out the Risk Analysis by Circumstances and Flows for the four analyzed scenarios. To the analysis of danger by non-function, they were defined some points to be observed like the system failure, cause, probability of occurrence, impact, detection and risk.

4.4 Architecture

Based on the decomposition of the four closed scenarios from the mission life cycle processes, the architecture of the CoralSat project was defined and the first step was to create a generic physical architecture of product and the generic physical architecture of organization, as shown in the figure 6 and 7 and later, we were attributed their functions.

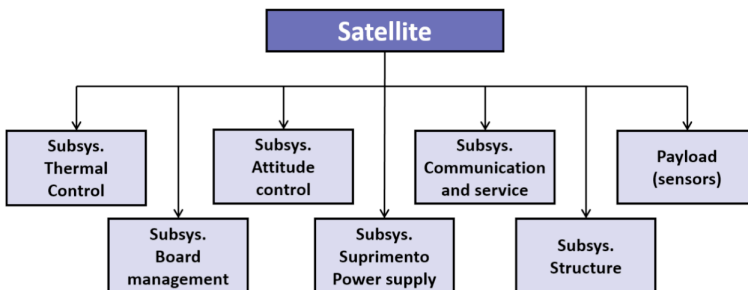


Figure 6. Generic physical product architecture.

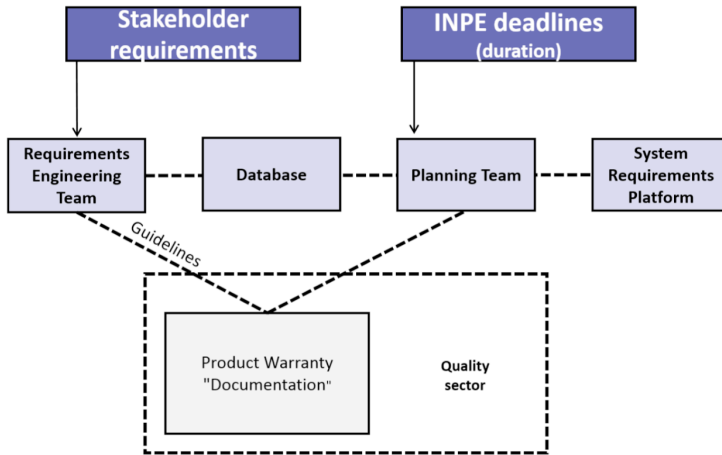


Figure 7. Generic physical organization architecture.

The physical architecture functions reect requirement characteristics of the physical component of the CoralSat mission.

4.5 Detail design

The detailed design was created from the generic Physical Product Architecture, presented in figure 5, the instantiated physical architecture of the product in operation is to specify how the systems components will be acquired Larson (2009).

The Figure 8 consists in an architecture block diagram of the CoralSat system, based on the physical architecture described in the architecture ow diagram and architecture interconnection diagram, which shows the types of components that the Coral-Sat system can have, these components must be specified during the detailed design.

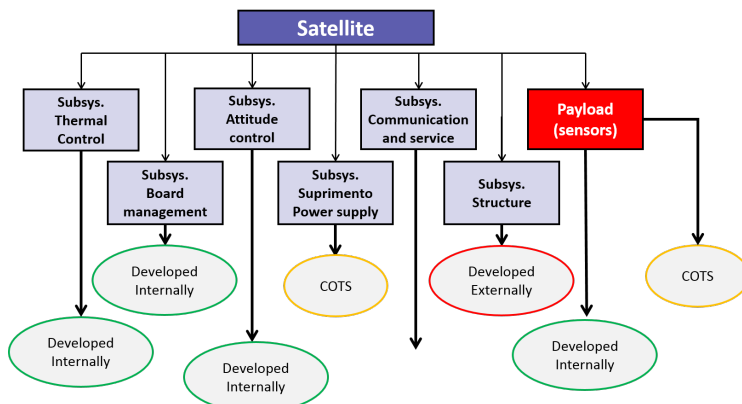


Figure 8. Instantiated physical architecture of the product in operation.

To exemplify, a model of component specification was written for one of the components from the architecture block diagram. This model consisted of a list of documents containing information like: applicable documents, referenced documents, acronyms abbreviations, definitions, acronyms, requirements (and targets), identification of external interfaces among others, the document was called “Index of the Specification of the Payload”.

The CoralSat detailed design was the basis to specify the kind of development (internal, external, COTS or reuse).

It was defined, for CoralSat project, to be use 100% of the PMM would be used and at least 70% of the payload equipment used, should be provided or developed by INPE. In addition, to use remaining EEE parts from other projects.

As a result of the detailed design activity of project, we get the low-level requirements of the specified system.

5 | DISCUSSIONS

One of the main results of the systems concurrent engineering application in the development of the work was the concatenation of its different scenarios and, how these ended up arranged in the final presentation. During the work diagram development part of each scenario, it was possible to identify how the establishment of these took shape: instead of considering the scenarios as topics of each of the six mentioned divisions, it was de_ ned that the opposite would be more viable in terms of visualization and understanding.

In this way, the final presentation consists of the general considerations about the system and, in addition, the four scenarios, each containing their respective parts. This decision made the way the work presented clearer, and facilitates the recognition of the topics covered in presentation mode.

Concerning the de_nition of functions, the presentation contained only DFD and STD. The PAT was not presented because of how each part of the scenarios would be seen in the presentation and its tabulated form with a vast amount of information to be allocated would harm your viewing and would not convey your content intuitively. In the final presentation, the structured view of DFD and STD proved more understandable resulting in a better and faster assimilation of their purposes. As shown in Figures 9 and 10 with DFD and STD diagrams for “Plan of Verification and Tests”.

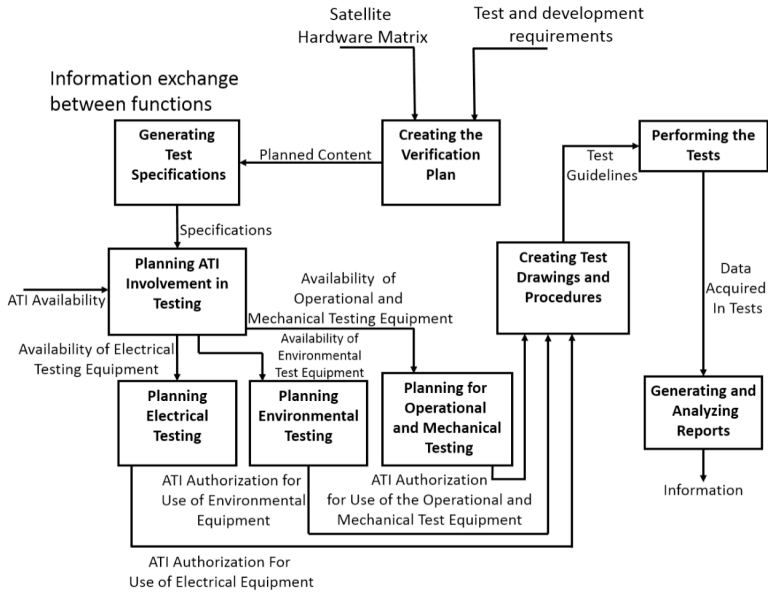


Figure 9. DFD - for Test Plan and Verification.

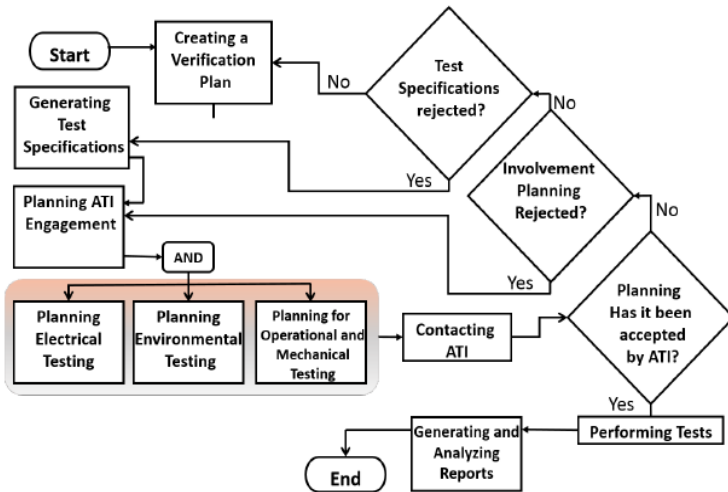


Figure 10. STD - for Test and Verification Plan.

Finally, in its entirety, it was possible to apply all the systems engineering tools proposed by Loureiro (1999), in the project, this facilitated the work unfolding. The final presentation of the project had succeeded on converting the idea of the method as well as all points discussed in this article.

6 | CONCLUSIONS

The application of the systems engineering approach has proven to be very effective in the development of complex systems; its application in the Coral-Sat project lifecycle has allowed to glimpse problems that can be solved throughout the product or system development. Understanding the processes of systems engineering made possible the CoralSat system modeling, from its initial phase where it was implemented the product and organization mission analysis, to its completion when this system is ready for operation. With this approach aforementioned, it was possible to consider and analyze possible solutions to problems encountered during development through stakeholder analysis, requirement analysis, functional analysis, architecture and detailed design.

ACKNOWLEDGMENT

To the 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington D.C., United States, 21-25 October 2019, and its organizing committee.

REFERENCES

AirForce, U. S., SMC Systems Engineering PRIME & HANDBOOK Concepts, Processes, and Techniques. Space Missile Systems Center, Volume 1 4th Edition, USA, 2013.

Fulundi, J., "Auxílio computacional a um processo de engenharia simultânea de sistemas espaciais," Master's thesis, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brazil, 2011.

Genaro, S. F. A., "Proposta de um modelo de avaliação da capacidade e maturidade de sistemas de gestão integrada (stkm3) utilizando a abordagem da gestão de stakeholders," Ph.D. thesis, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inova. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brazil, 2014.

IEEE, Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process, IEEE 1220-2005, STANDARD by IEEE, 2005.

INCOSE, Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, 4th Edition, 2015. ISBN: 978-1-118-99940-0.

Larson, W. J., Douglas, H. K., Jerry, J. S., Thomas, L. D., and Verma, D., Applied space systems engineering, TMc-Graw Hill, 2009. ISBN { 13:978-0-07-340886-6, ISBN-10: 0-07-340886-7.

Loureiro, G., "A systems engineering and concurrent engineering framework for the integrated development of complex products," Ph.D. thesis, Loughborough University, Loughborough, UK, 1999.

Loureiro, G., "Lessons learned in 12 years of space systems concurrent engineering," Proceedings..., 61st International Astronautical Conference, International Astronautical Federation, Prague Czech Republic, 2010.

Luiz., O., "Corais na UTI. O rápido crescimento de doenças nos corais de Abrolhos ameaça a existência do maior complexo coralíneo do Atlântico Sul," , 2018. URL https://www.lajeviva.org.br/Lajeviva/wp-content/uploads/2015/10/22-maio_2010.pdf, sep.

PMI., A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide), Project Management Institute, 6th ed, . Pennsylvania, USA, 2017.

Stevens, R., Brook, P., Jackson, K., and Arnold., S., Systems Engineering coping with complexity, Prentice Hall Europe, Pearson Education Limited, Prentice hall Europe, London, England, UK, 1998.

Young., R. R., The Requirements Engineering Handbook., Artech House, INC., Norwood, MA, 2004.

A ARTE DE ENGENHEIRAR NO PERÍODO DA PANDEMIA DE COVID-19

Data de aceite: 01/11/2020

Maria Aridenise Macena Fontenelle

UFERSA, Departamento de Engenharias
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/1135208524808276>

Vinícius Navarro Varela Tinoco

UFERSA, Departamento de Engenharias
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/7222549742841551>

Leonardo Morais Silva

UFERSA, Departamento de Engenharias
Mossoró – RN*
<http://lattes.cnpq.br/1984572693135487>

Leandro Nogueira Valente

UFERSA, Departamento de Engenharias
Mossoró – RN
<http://lattes.cnpq.br/1418693526547184>

RESUMO: Este artigo visa compartilhar a experiência vivenciada na Gestão da Produção na Construção como docente do curso de Engenharia Civil de uma Universidade Pública de Mossoró-RN, sobretudo no que diz respeito às produções técnicas e artísticas dos discentes no período da Pandemia. A pesquisa foi realizada através de um estudo de caso que contou com a observação participante, e registros fotográficos das estratégias pedagógicas utilizadas na referida disciplina. As estratégias inovadoras utilizadas pelos discentes para apresentar o resultado da aprendizagem na referida disciplina

foram: produção de uma poesia sobre Gestão da Construção Civil e uma paródia denominada filosofando sobre a construção enxuta. Os resultados demonstraram um bom rendimento da turma para além do conhecimento técnico a ativação do sensível.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia civil, Pedagogia Waldorf, Pandemia, Arte.

THE ART OF ENGINEERING IN THE PERIOD OF COVID-19 PANDEMIC

ABSTRACT: This article aims to share the experience lived in Production Management in Construction as a teacher in the Civil Engineering course at a Public University in Mossoró-RN, especially with regard to the technical and artistic productions of students during the Pandemic period. The research was carried out through a case study that included participant observation, and photographic records of the pedagogical strategies used in that discipline. The innovative strategies used by the students to present the learning result in that discipline were: production of a poetry on Civil Construction Management and a parody called philosophizing about lean construction. The results showed a good performance of the class beyond the technical knowledge the activation of the sensitive.

KEYWORDS: Civil Engineering, Waldorf Pedagogy and Art

1 | INTRODUÇÃO

A Pedagogia Waldorf, metodologia de ensino baseada em procedimentos artísticos, existe desde o ano de 1919, quando Rudolf Steiner, seu criador, fundou a primeira escola em Stuttgart na Alemanha.

Essa pedagogia busca abranger os três veículos de expressão que são: o corpo, a mente e as emoções que correspondem respectivamente as funções do querer, sentir e pensar fundamental para a plena realização do potencial humano.

A educação do corpo, através de atividades práticas de jardinagem, marcenaria, construção, ginástica, trabalhos manuais entre outras, como é praticada nas Escolas Waldorf, fortalece também o caráter do indivíduo, pois desenvolve a sua força de vontade, criando nela qualidades como a disposição para enfrentar dificuldades e a perseverança.

A mente é educada por meio da transmissão do conhecimento de forma balanceada e adequada à idade do aluno.

As emoções são trabalhadas por meio da arte: música, canto, desenho, pintura, literatura, teatro, recitação, escultura e cerâmica. Por meio da expressão artística, são dadas muitas oportunidades para o refinamento da sensibilidade, e a harmonização de conflitos na área afetiva e social.

Nas Escolas Waldorf busca-se cultivar o sentimento de admiração que as pessoas têm em relação à natureza e ao mundo como forma de manter vivo o seu interesse em aprender. Arte e atividades práticas são também instrumentos a serviço das matérias acadêmicas.

Com a educação integrada de todos os aspectos do seu ser, o ser humano aprende a não dissociar seus pensamentos, sentimentos e ações, podendo tornar-se um adulto equilibrado e coerente.

Na Pedagogia Waldorf a quebra de paradigma ocorre na ênfase e valorização da experiência humana, como fonte de vivências que enriquecem o mundo de sensações e sentimentos para dar suporte à vida cognitiva do ser humano. Steiner se inspirou na fenomenologia de Goethe para fundar sua concepção de educação e valorizou o desenvolvimento da sensibilidade como ideal para a formação humana. A educação da sensibilidade é um fator importante tanto no autocultivo dos professores, quanto na educação das crianças e jovens. O elemento chave na compreensão da educação estética não reside no que se ensina, mas no como.

Este artigo apresenta as estratégias inovadoras utilizadas pelos estudantes para apresentar o resultado da aprendizagem na referida disciplina foram: As estratégias inovadoras utilizadas pelos discentes para apresentar o resultado da aprendizagem na referida disciplina foram: produção de uma poesia sobre Gestão da Construção Civil e uma paródia denominada filosofando sobre a construção enxuta tendo com base em webinar e live assistidas pelos participantes da referida disciplina.

2 | VIVÊNCIAS ARTÍSTICAS FUNDAMENTAIS NA ESCOLA WALDORF

Para Steiner arte é aquilo que pode introduzir da forma mais bela na prática de vida da educação e que também é algo que atua sobre o crescimento, a saúde e o progresso do homem.

O cotidiano de uma escola Waldorf permite observar a utilização de diversos procedimentos artísticos na sala de aula durante toda a educação básica. Especialmente no período correspondente ao ensino fundamental, percebe-se que a pintura em aquarela e o uso de diversos tipos de narrativa – contos, mitos, biografias – norteiam a ação docente como base para o planejamento diário.

Uma narrativa pode subsidiar o ensino de qualquer conteúdo, desde a alfabetização, o ensino de matemática ou história, até alcançar disciplinas mais abstratas como, por exemplo, a geometria, dada no quinto ano.

A pintura em aquarela é utilizada para a elaboração imagética desses conteúdos e perpassa todos eles ao longo da formação do aluno.

LANZ (1999) considera que, na vida real das classes, as experiências feitas com elementos das artes plásticas se confundem, sendo que o princípio é constituído pelo desenho de formas, antes da pintura. Explica que o desenho de formas se constituirá um assunto essencial durante várias épocas. Destaca ainda que os outros elementos não aparecem tão isoladamente, eles vivem no ensino de uma maneira geral.

3 | PANDEMIA E A APRENDIZAGEM NOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL

Um estudo do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Cruzeiro do Sul, publicado em 2016, investigou os motivos da evasão em cursos de Engenharia. Comprovou-se o que o senso comum sabia de antemão: após analisar 259 artigos sobre o tema, todos apresentados no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge) entre 2000 e 2014, a pesquisa concluiu que “existe uma forte relação entre evasão e a reprovação nas disciplinas do ciclo básico, com destaque para a disciplina de cálculo diferencial e integral”.

Um engenheiro ainda precisa dominar conteúdos de cálculo e física. Mas pelo menos duas situações recentes – a pandemia do novo corona víruse e o avanço das tecnologias educacionais – estão colocando em xeque a maneira mais tradicional de ensiná-los. O resultado disso pode ser uma mudança de paradigma no cursos superiores de engenharia e, conseqüentemente, na atuação profissional na área.

A revolução nos cursos de engenharia começou com a aprovação, das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) pelo Conselho Nacional de Educação (CNE). Trata-se da primeira alteração nas DCNs da área desde 2002.

Uma das principais mudanças diz respeito à formação por competências. Visão holística, inovação, empreendedorismo, solução de problemas, cooperação, adoção de perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática estão entre as características esperadas para os engenheiros do futuro.

Além disso, há uma reorientação do foco em direção a aprendizagem ativa. As atividades práticas pouco apareciam nas antigas DCNs. Nas novas orientações, elas aparecem nove vezes. Dessa forma, as instituições devem garantir maior carga horária para visualização da teoria na prática, o que é fundamental para um engenheiro ter boas perspectivas de formação profissional.

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) avalia que as mudanças na base curricular nos cursos de engenharia tornarão o ensino no do futuro mais moderno e alinhado às exigências da digitalização. Em parceria com a Associação Brasileira de Educação em Engenharia e com o CNE, a CNI deve lançar em junho um documento norteador para a implementação efetiva das DCNs no ensino superior brasileiro.

As IES têm até 2022 para ajustar os currículos, com flexibilidade para criar o projeto pedagógico de acordo com a realidade da comunidade.

As DCNs são vistas como uma janela de oportunidades para fazer uma grande revolução na educação dos engenheiros do futuro. Mas a situação de isolamento social provocada pela pandemia do novo coronavírus pode ter um efeito ainda mais transformador.

Isso porque muitas tecnologias educacionais utilizadas durante a quarentena vieram para ficar. Afinal, quando aplicadas de maneira planejada e associadas a metodologias ativas de aprendizagem, elas evidenciaram o esgotamento do modelo tradicional de ensino e se mostraram imprescindíveis na formação prática e por competências. Isto é, as ferramentas tecnológicas vão ao encontro das necessidades formativas orientadas pelas DCNs.

Não há como vislumbrar o futuro dos cursos de engenharia no Brasil sem analisar os impactos das novas DCNs e do impulso tecnológico provocado pela crise da pandemia. O cruzamento de interesses entre esses dois pontos deve gerar repercussões nas metodologias de ensino.

Não há como vislumbrar o futuro dos cursos de engenharia no Brasil. Mas, com certeza eles não serão como antes.

É a partir dessa necessidade de formação prática e por competências que as metodologias ativas – associadas ao uso de ferramentas tecnológicas – devem ganhar espaço. Com o conteúdo sendo majoritariamente trabalhado fora da sala de aula, o papel do professor, mais do que informar, será estimular o debate e orientar a prática para que o aluno seja o centro do processo de aprendizagem.

Formados sob a luz de um novo paradigma, os engenheiros, por sua vez, terão condições de transformar a atuação profissional na área. A formação por competências

deve agregar habilidades de comunicação e trabalho em equipe, pouco associadas à profissão.

A pandemia de Covid-19 explicitou a tendência de ampliar-se a educação a distância (EaD). O que foi feito foi o ensino emergencial *online*, com soluções interessantes e iniciativas significativas. Vai ser difícil abandonar essa prática, já que a situação anterior não vai existir mais. Terão continuidade após a pandemia. Os alunos irão num futuro próximo para as universidades mais em função da tecnologia, para fazer projetos, desenvolver pesquisas e menos para assistir aulas.

O uso de *lives e webinar* nas aulas virtuais é um exemplo de realidade do período da Pandemia que neste estudo de caso foi largamente utilizada

4 | ESTUDO DE CASO

Gestão e Produção da Construção é uma disciplina eletiva do curso de Engenharia Civil em uma Universidade Federal em Mossoró no Rio Grande do Norte. No conteúdo programático é abordado: Qualidade e Produtividade na Construção Civil; Inovação na Construção, Tecnologias da Informação e Comunicação na Construção, Norma de desempenho e Construção Enxuta.

As principais estratégias de ensino utilizadas são: Aulas expositivas com discussão de conceitos e estudos de caso; Leitura e interpretação de textos; Seminários dos alunos para apresentação de artigo científico e de estudos de caso e/ou trabalhos práticos realizados por eles e Visitas técnicas (no período da Pandemia foram virtuais).

A produção técnica e artística (poesias e paródias sobre os temas estudados nas aulas *online*) dos discentes teve como base os estudos realizados nas aulas ministradas e sobretudo *lives e webinar* que foram assistidas pelos participantes da referida disciplina.

4.1 Poesia sobre Construção Enxuta

Para escrever os versos sobre Construção enxuta o discente estudou e sintetizou o *WEBINAR – BATE PAPO LEAN CONSTRUCTION: DESAFIOS E POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO*, pelo canal da AVAL – ENGENHARIA. Apresentado por André Quinderé e pelo Professor Luiz Fernando M. Heineck. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KZuPKLI9T2Y&list=PLHIW6X_dKDMzPcOI-0KA5DUd93FB41dJ7&index=2> acessado em 16 de Julho de 2020. Estudou também as aulas disponibilizadas sobre Construção enxuta na dissertação de mestrado de Ana Paula Gessi Pacheco e Maria Duarte do Carmos Freitas - Aula 1.1 – Origem do Conceito Lean e Aula 1.2 – Introdução ao Conceito Lean.

A Figura 1 mostra a Poesia sobre Construção enxuta produzida pelo discente Vinícius na disciplina de Gestão e Produção da construção.

FILOSOFANDO SOBRE CONSTRUÇÃO ENXUTA

*Para o Lean Construction discutir
Antes, é preciso lembrar
Que isto veio lá do Japão
Para uma grande crise driblar
O Sistema Toyota de Produção
Com pouca Matéria Prima a mão
Se dispôs a trabalhar
Trabalhar com zero estoque
Sob regime de produção puxada
No começo, é um choque
Mas o operário se acostumava
Pois inserir a economia
E da equipe, autonomia
A nova filosofia pregava
O Just-In-Time era assim
Só se produz o necessário
Para a indústria, um trampolim
Modo de produção revolucionário
Reduzindo a um precin'
O lean é bom pra quem produz
E bom para o usuário
Ao chegar na construção
O paradigma era forte
Com tanto desperdício em vão
Não se pode contar com a sorte
Deve-se tudo planejar
E com as ferramentas à mão
Toda a obra enxugar
Aplicando o Heijunka Box
Aí que a organização se satisfaz
A produção é puxada pela demanda
Desperdício e estocagem nunca mais
Não se produz mais só na voz
E a obra está sempre veloz
O primeiro que pede é o primeiro que se faz
Já o Andon é o sistema luminoso
Para parada ou problema informar
Por falta de material ou qualquer outra razão*

*A obra não pode parar
Reduzindo o tempo ocioso
O operário não fica na mão
E o cronograma vai se respeitar
Mas não bastam as ferramentas
Para a filosofia enxuta seguir
Para sair do desperdício e das obras lentas
Tem que se constantemente nutrir
A participação de todo operário
E juntos, num esforço diário
Um melhor processo construir
Esta filosofia tem pilares
São os seus norteadores
Produzir sempre de forma eficiente
Traz do mercado e suas dores
Independência e novos ares
Agradando aos clientes pela perfeição dos seus lares
Não é só produzir mais com menos
Ou alcançar o fluxo contínuo
Na construção enxuta que vemos
Pela qualidade que aferimos
Todos podem dormir plenos
Pois edificação bem feita e sem sobra
Do peão ao mestre de obra
Às boas práticas, sorrimos*

Figura 1: Poesia – Filosofando sobre Construção enxuta

4.2 Paródia tecnológica

A Figura 2 mostra a Paródia da música sobre Gestão na Construção Civil produzida pelo discente Leonardo na disciplina de Gestão e Produção da Construção.

GESTÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Vou erguer o meu prédio
Aço e martelo,
Construir o que ainda não fiz
Eu sei vão cobrar e exigir,
Mas vou produzir
Representar meus clientes*

*Quando a bagunça aqui passou
E a estratégia não fez sentido
A notícia se espalhou
Fez da obra um castigo*

*Quando a exigência se apossou
Trazendo um canteiro arrumadinho
A organização ali brotou
Segue colaborando*

*Sem nem pensar para ajudar
A levantar e assim crescer
Custos acabados, tempos fechados
E eu levanto a mão pro alto e grito
Vem comigo quem é do bonde da gestão*

*Ooh ooh-ô-oh
Sou gestão, gestão tão tão
Ooh ooh-ô-oh*

*Ainda erguendo os meus prédios
Ajustes e serviços
Só assim não me perdi*

*Métodos enxutos
Nenhum desperdício
Pra ordenar quem não consegue reduzir*

*Do desempenho novo para avalia
Prazo pra falhas
Peças unidas sempre pra seguir
Se tentar nos para, não é bem assim
Teremos mais clientes do que antes*

*Do sul ao norte teve ajustes
Músicas da alma pra grupo forte
Defeitos com a gente não pode*

*Minha comunicação é nosso som
Criatividade e inovação são do bonde da gestão
Ooh ooh-ô-oh
Sou gestão, gestão tão tão
Ooh ooh-ô-oh
Sou gestão, gestão tão tão*

*Gestão-tão, gestão-tão
Gestão-tão, gestão-tão
Gestão-tão, gestão-tão
Gestão-tão*

*Engenheiro acredite
Não fique triste
Qualidade existe
Fortalece equipe
O som do repique
Peço que aplique*

Figura 2: Paródia da música sobre Gestão na Construção Civil

Fonte: Autoria discente da disciplina de Gestão e Produção da Construção (2020)

A Figura 3 mostra a Paródia da música sobre BIM (*Buiding Information Modelation*) produzida pelo discente Leandro na disciplina de Gestão e Produção da Construção.

PARÓDIA

(Música base: Let it Be – Beatles)

LET IT BIM

Quando a obra necessita de um modelo pra seguir que seja eficiente, let it BIM

Quantidades de projeto, de insumos e afins, tabelas automáticas, let it BIM

(Refrão)

Let it BIM, Let it BIM, Let it BIM, Let it BIM. Gestão inovadora, Let it BIM

O projeto arquitetônico, o hidráulico, o estrutural, compatibilizados, Let it BIM

Verificações e análises, vista em 3D enfim. Modelo inteligente, Let it BIM

(Refrão)

Let it BIM, Let it BIM, Let it BIM, Let it BIM. Gestão inovadora, Let it BIM

O futuro está chegando para a construção civil, empresas e gestores, Let it BIM

Engenheiros e arquitetos inovando no Brasil, fazendo diferença, Let it BIM

Figura 2: Paródia da música sobre Gestão na Construção Civil

A poesia e as paródias apresentadas pelos discentes são apreciadas por outras turmas do curso de Engenharia Civil.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo possibilitou observar que o ensino da arte em algumas aulas no curso de engenharia civil no período da Pandemia, conforme relato dos alunos possibilitou mais leveza, relaxamento e tranquilidade no processo de ensino e aprendizagem.

Como observador da atividade artística realizada pelos discentes, o docente concorda com Steiner quando afirma que esse tipo de prática proporciona sentido para compreender também com o intelecto e de permear também como o senso de dever aquilo que o indivíduo aprendeu a ver na arte como o belo e o humano puramente livre.

As produções técnicas e artísticas dos estudantes da disciplina Gestão da Produção na Construção do curso de Engenharia Civil da UFERSA mostra que a sensibilidade pode ser ativada.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes pela produção técnico artística.

REFERÊNCIAS

BACH JUNIOR, Jonas. **O autocultivo e a educação da sensibilidade na pedagogia waldorf.** **EccoS – Rev. Cient.**, São Paulo, n. 53, p. 1-16, e16638, abr./jun. 2020.

BACHEGA, César Augusto. **Pedagogia Waldorf, um olhar diferente à educação.** An. Sciencult, v.1, n.1, Paranaíba, 2009. P. 360-369.

BRESSIANI, L. A utilização da andragogia em cursos de capacitação na construção civil. 2016.

KOCHHANN, Luiz Eduardo. Como a pandemia impôs um novo futuro aos cursos de Engenharia. 27 de maio de 2020. <https://desafiosdaeducacao.grupoa.com.br/futuro-cursos-engenharia/> Acessado em 09 de agosto de 2020.

LANZ, Rudolf. **A pedagogia Waldorf: caminho para um ensino mais humano.** 6. ed. São Paulo: Antroposófica, 1998.

NASCIMENTO, C. R. S. D. **A produção de poesia popular como prática pedagógica inovadora: um estudo de caso.** 2015.

PACHECO, Ana Paula Gessi . **Massive open online course em gestão lean na construção civil: modelagem didático-pedagógica baseada em competência.** Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em engenharia de construção civil . UFPR. Curitiba 2020.

ROMANELLI, Rosely Aparecida. A arte e o desenvolvimento cognitivo Um estudo sobre os procedimentos artísticos aplicados ao ensino em uma escola Wladorf. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação (FE) da Universidade de São Paulo.274p. 2008.

SANTOS, W. S. Andragogia e a educação de idosos, jovens e adultos. **Alumni-Revista Discente da UNIABEU-ISSN 2318-3985**, v. 4, n. 7, p. 38-47, 2016. ISSN 2318-3985.

WEBINAR – BATE PAPO LEAN CONSTRUCTION: DESAFIOS E POTENCIAIS DE IMPLANTAÇÃO, pelo canal da AVAL – ENGENHARIA. Apresentado por André Quinderé e pelo Professor Luiz Fernando M. Heineck. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=KZuPKLI9T2Y&list=PLHIW6X_dKDMzPcOI-0KA5DUd93FB41dJ7&index=2> acessado em 16 de Julho de 2020.

SOBRE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

JOÃO DALLAMUTA - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE. Trabalha com os temas: Gestão da Inovação, Inteligência de Mercado e Planejamento de Missões Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem Sistêmica 119, 120, 121, 131

Agregados 12, 16, 61, 62, 69, 71, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 119, 121, 145, 148, 158, 159, 161

Agropecuária 211, 212, 213, 214, 217, 218, 219, 222

Análise de Risco 117, 145, 147, 150, 154, 157, 158

Arte 212, 254, 255, 256, 263, 264

B

BIM 174, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 262

C

Células Fotovoltaicas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

Construção Civil 15, 16, 24, 25, 62, 63, 69, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 148, 150, 159, 161, 174, 181, 192, 254, 255, 258, 260, 262, 263

D

Desmonte 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 83, 112, 119, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 152, 168, 169, 170

Dimensionamento 5, 69, 145, 147, 148, 157, 158, 196

E

Economia 16, 18, 42, 58, 69, 72, 75, 76, 86, 131, 147, 172, 198, 212, 232, 259

Edificações 15, 16, 17, 28, 29, 40, 148, 175, 177, 178, 180, 181, 192, 194, 198

Empresa Junior 198, 199

Energia Solar 1, 2, 3, 14

Engenharia Civil 41, 133, 138, 185, 194, 197, 254, 256, 258, 263

Equipamentos 3, 29, 53, 55, 58, 59, 63, 64, 65, 69, 74, 75, 80, 81, 82, 84, 85, 119, 122, 133, 134, 135, 138, 145, 146, 147, 148, 149, 152, 153, 156, 157, 162, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 188, 189, 190, 199, 200, 203, 206, 207, 209

Etanol 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Eventos Extremos 223, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 233, 234, 235

Explosivos 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 75, 119, 123, 131, 132, 164, 168, 170

F

Fluxo de Caixa 71, 72, 73, 76, 77, 79, 84, 85, 86, 87, 90, 150

Formação Técnica 211, 213, 218

G

Geodésico 133, 134, 135, 138

Geotecnia 12, 196, 197, 199, 200

Geotecnologias 223, 225, 235

Gestão de Projetos 174, 181

GNSS 133, 134, 135, 138, 139, 142, 143, 144

Granulometria 62, 119, 121

I

Impactos Ambientais 53

Interdisciplinaridade 211, 213, 216, 217, 221, 222

L

Lajes 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28

Lavra 62, 69, 73, 74, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 145, 146, 147, 149, 157, 158, 164, 166, 168, 170

M

Maçço Rochoso 71, 72, 73, 80, 81, 85, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 121, 130

Manutenção 4, 27, 28, 29, 30, 39, 40, 53, 55, 56, 59, 64, 67, 122, 164, 165, 167, 170, 180, 185, 190, 191, 194, 199, 206, 207

Mapa de Risco 12, 159, 161, 165, 166, 170, 171, 172

Marquises 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 39, 40, 41

Mineração 12, 61, 62, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 118, 120, 121, 132, 145, 148, 158, 159, 160, 165, 172, 173

Mineral 61, 69, 72, 73, 74, 75, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 116, 117, 118, 158, 159, 160, 161, 171, 172, 173

Mobilidade Urbana 42, 43, 44, 45, 49, 51

O

Otimização 1, 51, 119, 120, 121

P

Pandemia 254, 256, 257, 258, 263

Pedagogia 222, 254, 255, 263

Pedreira 61, 63, 64, 65, 81, 84, 105, 106, 119, 122, 125, 127, 132, 148, 150, 152, 157, 159, 161, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 172

Planejamento 86, 88, 103, 104, 105, 117, 145, 160, 173, 176, 177, 178, 182, 185, 187, 212, 220, 225, 236, 256, 265

Poluentes 27, 53, 54, 55, 57, 59, 60

Posicionamento 18, 22, 123, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 187, 189

Prática 44, 78, 144, 172, 191, 192, 197, 198, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 256, 257, 258, 263

Processo Construtivo 15, 16, 20, 21, 24, 198

R

Recursos Hídricos 223, 224, 225, 227, 235

Rochas 61, 62, 83, 94, 103, 105, 119, 121, 122, 131, 132, 168, 169, 171, 197

Rompedor 61, 63, 66, 67, 68, 69

S

Saúde 12, 160, 161, 162, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 181, 193, 194, 224, 233, 256

Secundário 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 93, 94, 98, 169, 170

Segurança no Trabalho 160, 175, 176

Semiárido 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Sequenciamento 103, 104, 105, 108, 109, 111, 112, 116, 117

Solo 3, 44, 63, 164, 196, 197, 200, 204, 206, 209, 235, 236

Sondagem 196, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 210

Suframa 42, 44, 45, 46, 51, 52

Sustentável 2, 14, 53, 54, 71, 73, 105

T

Taylor 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 102

Telha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Teoria 74, 144, 211, 213, 216, 217, 222, 257

Topografia 63, 79, 110, 134, 135, 144, 148

V

Viabilidade 12, 1, 24, 53, 54, 55, 59, 60, 64, 71, 72, 73, 74, 75, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 103, 104, 117, 145, 146, 148, 158, 179, 182, 186, 190, 191, 192, 196, 198, 199, 200, 208, 223

Vida Útil 4, 29, 34, 36, 53, 54, 64, 67, 71, 74, 79, 80, 81, 88, 89, 90, 91, 111, 117, 145, 146, 150, 175, 180, 206

W

Waldorf 254, 255, 256, 263

Z

Zona Rural 200

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 