

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2020

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

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. 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
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
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-81740-21-4
DOI 10.22533/at.ed.214201402

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio
Mauro Braga

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

Em “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3” temos treze capítulos que trazem preciosas contribuições para a inovação tecnológica nas engenharias.

Pesquisas na área de gestão de resíduos, produção de energia limpa, cuidados com o ambiente em que vivemos demonstram que os pesquisadores estão preocupados com a inovação, mas respeitando os recursos naturais.

Na mesma linha, pesquisas na área de logística e mecânica demonstram preocupação com o bem-estar da sociedade sem renunciar aos benefícios proporcionados pela tecnologia. Benefícios presentes ainda na otimização de custos em construção e na utilização de tecnologias de informação móveis.

Esperamos que esta obra seja útil ao progresso da ciência e possa melhorar as pesquisas na área. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO DE BENEFICIADORA DE ARROZ OBTIDO COMO BIOMASSA PARA PROCESSO DE PIRÓLISE	
Emerson de Moraes Böhm Roberto Tomedi Sacco Iago Riveiro Santos Dutra Pedro José Sanches Filho Giani Mariza Barwald Bohm	
DOI 10.22533/at.ed.2142014021	
CAPÍTULO 2	7
PETRODIESEL WITH BIODIESEL WATER/OIL SEPARATOR FILTER – LOW PERFORMANCE	
Sérgio Roberto Amaral José Luz Silveira Eloisa Couto Parkutz Costa Alan Baio Bonel Thiago de Miranda Nogueira Marcos Morin Marcondes Cesar Marcio José Cirino	
DOI 10.22533/at.ed.2142014022	
CAPÍTULO 3	21
GESTÃO DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DAS MARMORARIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ – PARÁ	
Taiana da Silva Ferreira Felipe José Marques Mesquita Mateus Mamede Mousinho Junior Hiroyuki Ishihara	
DOI 10.22533/at.ed.2142014023	
CAPÍTULO 4	32
ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR	
Eloi Rufato Junior Plinio Caetano de Siqueira Rafael de Freitas Gasparelo Danderfer Thomas Hideki Sasaya	
DOI 10.22533/at.ed.2142014024	
CAPÍTULO 5	52
DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DE VIBRAÇÃO EM PROTÓTIPO DE VAGÃO DE MINÉRIO DE FERRO	
Alexandre Luiz Amarante Mesquita Ítalo José Cunha Araújo Eivelton André Oliveira da Trindade Ronaldo Menezes dos Santos Junior	
DOI 10.22533/at.ed.2142014025	

CAPÍTULO 6	62
AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA BRS BELÉM, SOB A ÓTICA DOS USUÁRIOS	
Diego Ribeiro Pinto de Castro Jânio Luiz Marques Trindade Júnior Gabrieli Inácio dos Santos Christiane Lima Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.2142014026	
CAPÍTULO 7	78
DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DA VÁLVULA DISTRIBUIDORA	
Geanderson Cutrim Soares Hugo da Rocha Conceição Marcelo Alves de Sousa Bernard Carvalho Bernardes	
DOI 10.22533/at.ed.2142014027	
CAPÍTULO 8	90
USO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO	
Carlos Millan-Paramo Jair de Jesus Arrieta Baldovino Euriel Millan Romero	
DOI 10.22533/at.ed.2142014028	
CAPÍTULO 9	106
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS GPS GEODÉSICO E GARMIN EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	
Eduardo Vinícius Franco da Silva Gustavo Souza Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.2142014029	
CAPÍTULO 10	118
GERENCIAMENTO DE QUALIDADE DE PROJETO: COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DOS CUSTOS DE SERVIÇOS DE MÃO-DE-OBRA	
Hamohhamed Henrik Santana Carvalho Lízia Sousa Alves Wilker David de Oliveira Selma Araújo Carrijo	
DOI 10.22533/at.ed.21420140210	
CAPÍTULO 11	124
SISTEMA DE INFORMAÇÃO: O USO DE APLICATIVO MÓVEL EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Railma Saldanha da Silva Leanderson Augusto dos Santos Santana André Luis Rodrigues Mathias Suelma do Nascimento Brito Lôbo Mathias	
DOI 10.22533/at.ed.21420140211	
CAPÍTULO 12	133
ESTIMATION OF PARAMETERS OF THE TORQUE CONVERTER OF AN AUTOMATIC	

TRANSMISSION OF A PASSENGER VEHICLE

Elias Dias Rossi Lopes
André Flora Alves Pinto
Caio César do Prado Dorea Reis
Gustavo Simão Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.21420140212

CAPÍTULO 13 147

APLICAÇÃO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS* (CITRONELA) COMO AGENTE INIBIDOR DE BACTÉRIAS ISOLADAS DO FLUÍDO DE CORTE

Edgar Augusto Aliberti
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
Pâmela Nunes Sá

DOI 10.22533/at.ed.21420140213

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 153

ÍNDICE REMISSIVO 154

CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO DE BENEFICIADORA DE ARROZ OBTIDO COMO BIOMASSA PARA PROCESSO DE PIRÓLISE

Data de submissão: 30/10/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Emerson de Moraes Böhm

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pelotas - RS

<http://lattes.cnpq.br/5903017262393675>

Roberto Tomedi Sacco

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pelotas - RS

<http://lattes.cnpq.br/3304408972146179>

Iago Riveiro Santos Dutra

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pelotas - RS

<http://lattes.cnpq.br/9043224024765006>

Pedro José Sanches Filho

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pelotas - RS

<http://lattes.cnpq.br/9785390634457316>

Giani Mariza Barwald Bohm

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pelotas - RS

<http://lattes.cnpq.br/0429818788026737>

RESUMO: Os resíduos agroindustriais possuem disposição custosa e muitas vezes perigosa ao meio-ambiente. Por sua vez, o processo de beneficiamento do arroz gera grandes volumes de efluente industrial e casca de arroz. Este trabalho buscou avaliar a

possibilidade de se usar o lodo industrial tratado como biomassa para o processo de pirólise, promovendo a quebra deste lodo em altas temperaturas e ausência de oxigênio e gerando produtos nas fases sólida, líquida e gasosa. Os resultados do lodo indicam alto teor de umidade, cinzas e baixo teor de matéria orgânica. A análise termogravimétrica sugere a presença de lignina e celulose. Tais características mostram que este material no processo de pirólise apresentará maior rendimento na fase sólida (carvão). Este carvão formado pode ser utilizado na geração de adsorventes, tornando-se um produto de valor agregado que pode ser comercializado ou usado na própria cadeia produtiva. Com isso, além do retorno financeiro, a questão ambiental do passivo passa a ser contornada, representando uma alternativa ao descarte destes resíduos, evitando danos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Análise termogravimétrica; Carvão; Absorção atômica.

CHARACTERIZATION OF RICE PROCESSOR'S INDUSTRIAL TREATED SEWAGE SLUDGE OBTAINED AS BIOMASS FOR PYROLYSIS PROCESS

ABSTRACT: The agroindustrial residues have a costly disposition and, generally, dangerous to the environment. Rice processing generates

great amounts of sludge and rice husk. This paper intended to evaluate the possibility of using the sludge as biomass for pyrolysis processes, leading to the cleavage of this biomass by attaining high temperatures in absence of oxygen, creating products in the solid, liquid and gaseous states. The results for the sludge show a high rate of humidity, ashes and low organic matter content. The thermogravimetric analysis indicates presence of lignin and cellulose. Such characteristics suggest a greater yield of biochar generation if this biomass is pyrolysed. The produced biochar may be used as an adsorption agent, becoming a product with aggregated value or used in the productive chain. Thus, besides having capability of além do retorno financeiro, a questão ambiental do passivo passa a ser contornada, representando uma alternativa ao descarte destes resíduos, evitando danos ambientais.

KEYWORDS: Thermogravimetric analysis; Biochar; Atomic absorbtion.

1 | INTRODUÇÃO

O lodo de efluente é um resíduo inevitável em qualquer processo industrial (SEGGIANE et al., 2012), uma vez que o efluente obrigatoriamente deve ser tratado para obedecer as normas ambientais. O volume de geração de lodo de efluente, somados os efluentes doméstico e industrial, chega na ordem dos 20 milhões de toneladas/ano número este que nos próximos anos tende a aumentar em função da crescente urbanização e industrialização mundial (MELERO et al., 2015). Desta forma, a geração crescente de lodo de efluente, vem tornando-se uma importante questão, em função dos riscos ambientais decorrentes da disposição final deste resíduo (DAI et al., 2013).

Normalmente, o lodo de efluente industrial tratado é disposto basicamente de três maneiras: uso agrícola como insumo (42%), incinerado com intuito apenas de redução de volume (27%) e disposto em aterro sanitário (14%) (SAMOLADA; ZABANIOTOU, 2014). Porém, essas destinações são restringidas com o aumento do uso terra e suas limitações de territórios utilizáveis para este fim, as questões ambientais e o aumento de rigor na regulamentação para destino final de passivos (CAO et al., 2013). Levando-se em consideração o exposto, há uma demanda por novas e eficientes tecnologias, que venham dar opções ambientalmente corretas para destinação do lodo de efluente (FYTÍLÍ; ZABANIOTOU, 2008).

Na área ambiental, a pirólise vem se destacando como um processo alternativo de tratamento final de passivos, focando primeiramente na redução de disposição final atrelada a geração de novos produtos com valor agregado, estando em sintonia com a legislação ambiental vigente.

O lodo de efluente industrial tratado apresenta em sua composição uma considerável quantidade de componentes de origem orgânica e com expressiva densidade de energia (ELLED et al., 2006). Estes componentes orgânicos são geralmente compostos de carboidratos (celulose), proteínas, lipídios e ácidos

nucleicos (MANARA; ZABANIOTOU, 2012). Assim sendo, o lodo de efluente pode vir a ser considerado como uma biomassa de recurso potencial para as conversões termoquímicas como a pirólise (RULKENS, 2008).

Dentro desse contexto, este trabalho teve como objetivo a caracterização preliminar do lodo tratado proveniente da indústria beneficiadora de arroz (LEITBA) situada na cidade de Pelotas-RS, afim de avaliar o potencial de geração de novos produtos, através da pirólise.

2 | METODOLOGIA

As análises foram realizadas a partir de amostra obtida em indústria beneficiadora de arroz, situada na cidade de Pelotas-RS. Este lodo foi gerado após processo de beneficiamento do grão e do tratamento do efluente industrial gerado, sendo recolhido e prensado para posterior destinação final. Para determinação de umidade 10g de amostra foram levados à estufa a 105°C por 24 horas. No final do processo, as amostras foram resfriadas e pesadas (APHA, 2005).

Para a determinação da matéria orgânica, as amostras secas foram calcinadas em mufla a 550°C por 4 horas, promovendo a perda de voláteis (APHA, 2005). Na determinação da umidade, as amostras foram aquecidas em placas de petry na estufa a 105°C por 30 minutos.

Na composição elementar, foram quantificados carbono, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio usando a seguinte metodologia: Carbono orgânico por combustão úmida, método de Walkey Black; Nitrogênio total por digestão sulfúrica, método de kjeldahl; Fósforo total por digestão sulfúrica, método de espectrometria de absorção molecular (AM); Potássio total por digestão sulfúrica, método de espectrometria de absorção atômica (AA); Cálcio total por digestão sulfúrica, método de espectrometria de absorção atômica (AA) e Magnésio total por digestão sulfúrica, método de espectrometria de absorção atômica (AA).

Para o pH, foi utilizada a potenciometria com relação de 1:5 entre a amostra e água.

A amostra de lodo foi analisada termogravimetricamente a fim de determinar as faixas de temperatura onde ocorrem perdas de massa, direcionando, assim, os experimentos de pirólise. A análise termogravimétrica da casca de arroz foi realizada em um equipamento (TA Instruments) modelo SDT Q600 V20.9 Build 20 operando com taxa de aquecimento de 20°C.min⁻¹, da temperatura de 50°C até aproximadamente 1000°C, em um porta amostra de alumina, sob fluxo de nitrogênio gasoso de 100 mL.min⁻¹.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para umidade e matéria orgânica total do lodo bem como seus desvios padrão relativos expressos em porcentagem foram respectivamente de 74,8% $\pm 0,3\%$ e de 27,3% $\pm 2,7\%$. Estes valores estão em acordo com os valores obtidos com INGELMO (2012). A matéria orgânica em particular encontra-se em níveis mais baixos que os encontrados pelos autores (37%) refletindo uma maior estabilização do lodo deste estudo, pois o conteúdo de matéria orgânica decresce significativamente durante o processo de estabilização do lodo através da respiração microbiológica convertendo-a em CO₂ e ainda através da mineralização (INGELMO, 2012).

pH	C/N	C	N	P	K	Ca	Mg
8,8	7:1	96,0	13,7	67,6	2,6	2,1	16,2

Tabela 1: Valores totais em g.kg-1

O pH de 8,8 indicou um lodo alcalino provavelmente pela presença dos metais alcalinos e alcalinos terrosos. Os níveis de carbono e nitrogênio de 96,0 g.kg⁻¹ e 13,7 g.kg⁻¹ são mais baixas que os obtidos por outros autores para lodos de estação de tratamento de esgoto doméstico (NGUYEN et al., 2013, GONG et al., 2014, WU et al., 2017). Estes resultados estão em acordo com os níveis de matéria orgânica detectadas no lodo, também em níveis mais baixos que os detectados em lodos de estação de tratamento de esgoto doméstico na faixa de 50% (GONG et al., 2014, WU et al., 2017).

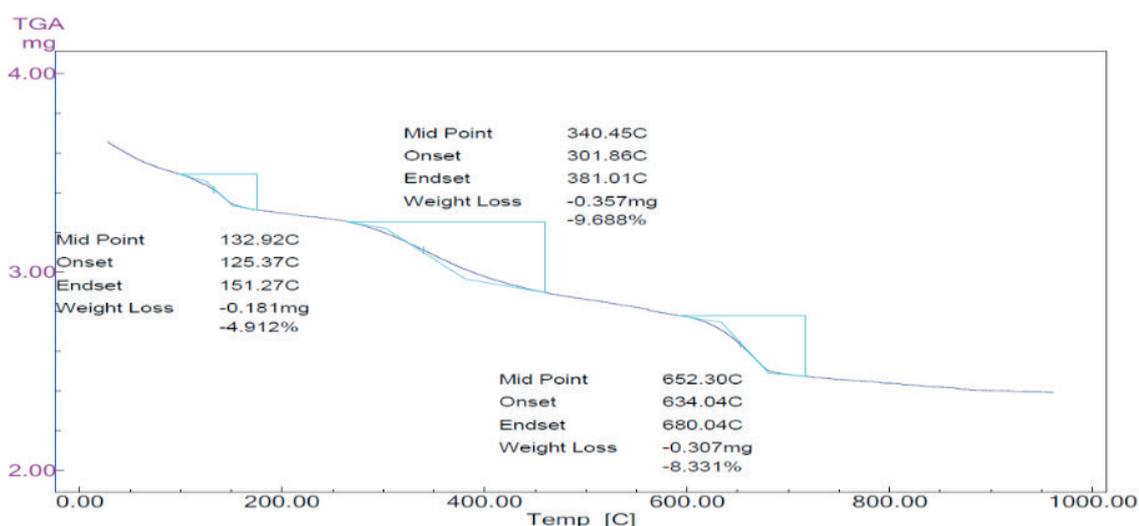


Gráfico 1- Análise termogravimétrica de LEITBA

Em relação à análise termogravimétrica, observa-se que o LEITBA é completamente pirolisado a uma temperatura entorno de 680°C (Gráfico 1). Verifica-se três fases de perda de massa. A primeira fase, entre 132°C e 151°C, refere-se a perda de água, bem como compostos orgânicos livres de menor peso molecular considerados

extraíveis do lodo (ALVARES, 2015, WU et al., 2017). A segunda fase indicada pela curva do TGA com perda de aproximadamente 10% da massa analisada, entre 301 e 381°C, pode estar associada à pirólise de carboidratos e lipídeos, segundo ZHANG et al. (2014). Estes resultados vem de encontro com XAVIER (2014) que afirma que após uma pequena mudança de peso desde o início da elevação de temperatura para 300°C, a conversão principal de celulose ocorre entre 300 e 390°C, tendo como maior taxa de decomposição geralmente a faixa compreendida entre 330 e 370°C (LV et al., 2013).

A terceira fase, entre 390 a 680°C, onde há uma perda 8,3%, principalmente no intervalo 634 e 680°C, está relacionada com a pirólise de proteínas e lignina. Os resultados de TGA para LEITBA estão em acordo com WU et al. (2017) .

4 | CONCLUSÕES

O LEITBA apresenta alto teor de umidade, alto teor de cinzas e baixo teor de matéria orgânica. A análise termogravimétrica sugere a presença de lignina e celulose. Tais características sugerem que este material no processo de pirólise apresentará maior rendimento na fase sólida (carvão). Este carvão formado pode ser utilizado na geração de adsorventes, tornando-se um produto de valor agregado que pode ser comercializado ou usado na própria cadeia produtiva. Com isso, além do retorno financeiro, a questão ambiental do passivo gerado passa a ser contornada, representando uma alternativa ao descarte inadequado destes resíduos, contornando danos ambientais uma vez que a disposição no solo agrário do LEITBA tem de ser criteriosa.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J.; AMUTIO, M.; LOPEZ, G.; BARBARIAS, I.; BILBAO, J.; OLAZAR, M. Sewage sludge valorization by flash pyrolysis in a coical spouted bed reactor. **Chem. Eng. J.** v. 273, p. 173–183, 2015.

APHA. Standard Methods for the Examination of Wather and Wastewater. 21 ed. Outside: APHA, 2005.

CAO, J.P.; LI, L.Y.; MORISHITA, K.; XIAO, X.B.; ZHAO, X.Y.; WEI, X.Y.; TAKARADA, T. Nitrogen transformations during fast pyrolysis of sewage sludge. **Fuel**, v. 104, p. 1 -6, 2013.

DAI, Q.J.; JIANG, X.G.; WANG, F.; CHI, Y.; YAN, J.H. PCDD/Fs in wet sewage sludge pyrolysis using conventional and microwave heating. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, v. 104, p. 280–286, 2013.

ELLED, A.L.; ÅMANDA, L.E.; LECKNER, B.; ANDERSSON, B.A. Influence of phosphorus on sulphur capture during co-firing of sewage sludge with wood or bark in a fluidized bed. **Fuel**, v. 85, p.1671–1678, 2006.

FYTÍLÍ, D.; ZABANIOTOU, A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods -

a review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, v.12, p. 116–140 2008.

GONG, M.; ZHU, W.; XU, Z.R.; ZHANG, H.W.; YANG, H.P. Influence of sludge properties on the direct gasification of dewatered sewage sludge in supercritical water, *Renew. Energy*, v. 66, p. 605–611, 2014.

INGELMO F., MOLINA M.J., SORIANO M.D., GALLARDO A., LAPEÑA, L.. Influence of organic matter transformations on the bioavailability of heavy metals IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. **Oxford: Scientific Publications**, 1997.

LV, G.; WU, S. Analytical pyrolysis studies of corn stalk and its remaining components by TG-MS and Py-GC/MS. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, v. 97, p. 11–8, 2012.

MANARA, P.; ZABANIOTOU, A. Towards sewage sludge based biofuels via thermochemical conversion – review. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, v.16, p. 2566–2582, 2012.

MELERO, J.A.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, R.; VASILIAOU, I.A.; CASTILLEJO F. M.; BAUTISTA, L.F.; IGLESIAS J. Municipal sewage sludge to biodiesel by simultaneous extraction and conversion of lipids. *Energy Convers. Manag.* v.103, p.111–118, 2015.

RULKENS, W. Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: overview and assessment of the various options. *Energy Fuel*, v. 22, p. 9–15, 2008.

SAMOLADA, M.C.; ZABANIOTOU, A. Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge to-energy management in Greece. *Waste Manag.* v. 34, p. 411–420, 2014.

SEGGIANI, M. ; VITOLO, S.; PUCCINI, M.; BELLINI, A. Cogasification of sewage sludge in an updraft gasifier. *Fuel*, v. 93, p 486–491, 2012.

WU, S-Y; LIU, F-Q.; HUANG, S.; WUA, Y-Q; GAO, J-S. Direct n-hexane extraction of wet sewage sludge at thermal and pressurized conditions: A preliminary investigation on its process and product characteristics. *Fuel Processing Technology*, v. 156, p. 90–97, 2017.

XAVIER, C.F.; BLIN, J. A review on pyrolysis of biomass constituents: Mechanisms and composition of the products obtained from the conversion of cellulose, hemicelluloses and lignin. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.38, p.594–608, 2014.

ZHANG, J.; TIAN, Y.; ZHU, J.; ZUO, W.; YIN, L. Characterization of nitrogen transformation during microwave-induced pyrolysis of sewage sludge. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, v. 105, p. 335–341, 2014.

PETRODIESEL WITH BIODIESEL WATER/OIL SEPARATOR FILTER – LOW PERFORMANCE

Data de aceite: 03/02/2020

Marcio José Cirino

Engenheiro na Parker Hannifin do Brasil.

E-mail: marcio.cirino@parker.com

Sérgio Roberto Amaral

Engenheiro na Volkswagen Caminhões e Ônibus (www.vwco.com.br), Doutorando em Bioenergia pela Unesp/Ipben Laboratório Associado de Garatinguetá (www.feg.unesp.com.br/ipben) e Professor na Universidade Estácio de Sá (www.estacio.com.br).

E-mail: sergio.amaral@volkswagen.com.br; samaral101@bol.com.br

José Luz Silveira

Dr, Professor na UNESP/IPBEN – Laboratório Associado de Garatinguetá (www.feg.unesp.com.br/ipben). E-mail: joseluz@feg.unesp.com.br

Eloisa Couto Parkutz Costa

Professora na Universidade Estácio de Sá (www.estacio.com.br);

E-mail: e.parkutz@gmail.com

Alan Baio Bonel

MSc, Engenheiro na Volkswagen Caminhões e Ônibus (www.vwco.com.br):

E-mail: alan.bonel@volkswagen.com.br

Thiago de Miranda Nogueira

Analista Sr na Volkswagen Caminhões e Ônibus (www.vwco.com.br):

E-mail: thiago.nogueira@volkswagen.com.br

Marcos Morin Marcondes Cesar

Diretor Técnico da TECCOM – Tecnologia em Combustíveis Ltda.

E-mail: mmarcondes@teccom10.com.br

ABSTRACT: The volume of pre filter sold during last five years have led us to evaluate the root cause of it. Initially, it was verified the entire volume of pre filter commercialized increased 9 times from 2005 to 2018. The customer's complaints are related to premature filter plugging and change interval under specification as informed by maintenance manual. Analysis have performed according to SAE J1839 and SAE J905 standards in order to evaluate water separation and filtering performance. It was confirmed a water separation performance reduced, including several cases near 60% with low mileages. Besides, it was noted sludge and wax at filtering media surface in umpteen samples. On the other hand, a comparison between field components with commercial Diesel S10 B10 and diesel S10 B10 with high oxidation stability was done and it was confirmed the filtering media life with high oxidation stability keeps the change interval according specification. The trend with diesel S10 B15 with low and high stability was accomplished too. The media was analyzed with Scanner Electron Microscopy (SEM) in order to understand the influence of wax in water separation performance and effects in injector nozzle.

KEYWORDS: Pre filter; sludge; oxidation stability; water separation

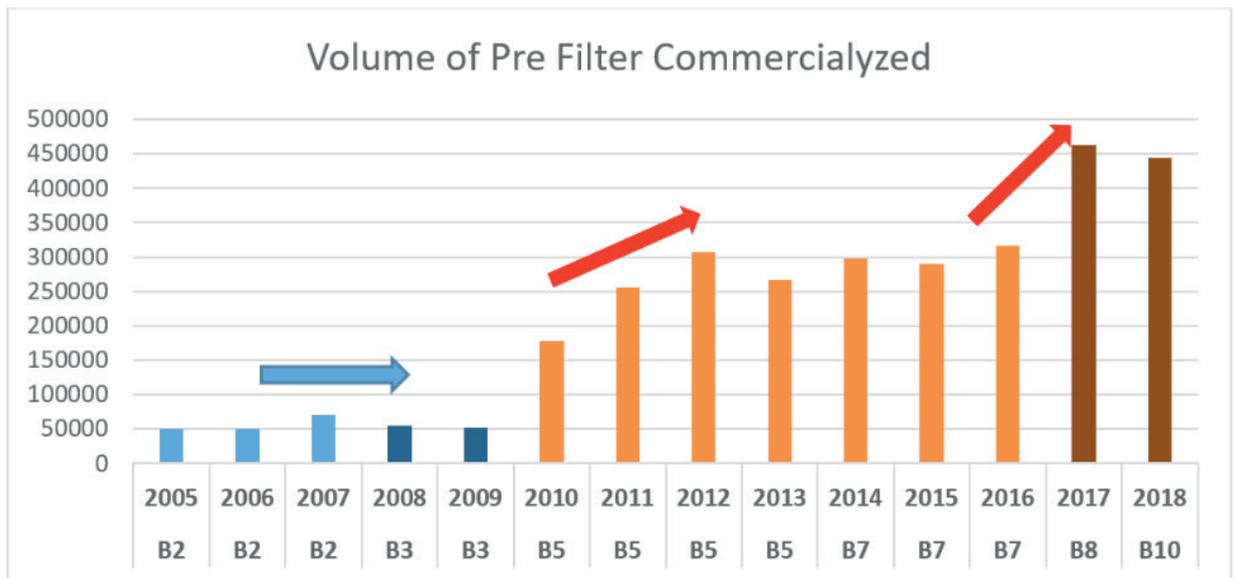
1 | INTRODUCTION

According to Biodiesel Handbook (2005) [2], the vegetable oils and animal fats were investigated as diesel fuels well before the energy crisis of 1970s. However, neat vegetable oils and animal fats are about 10 times more viscous than petrodiesel fuels, and they caused some operational and maintenance problems for diesel engines, so they were eventually abandoned as alternative diesel fuels. In Brazil, was started in 2005 with 2% in v/v until the current 10% in 2019. Some efforts to increase to 15% are ongoing and tests previewed to be done at end of this year. According Brian Sims (Biodiesel Magazine) [17], the use of petrodiesel and biodiesel blend has been practiced in many parts of the world for diesel engines. For example, since October 2005, B2 (B2 = 2 vol % biodiesel in diesel fuel) has become a mandatory use in Minnesota in most of the state's diesel fuel supply, in spite of a temporary snag due to the use of an off-spec biodiesel. "In August 2007, Minnesota governor Tim Pawlenty announced a plan requiring the state to increase its biodiesel mandate incrementally from B2 to B20 by 2015. The governor's proposal calls for Minnesota to move to B5 by 2008, B10 by 2011, B15 by 2013 and B20 by 2015". The American Filtration and Separation Society Conference (2008) affirm that the use of petrodiesel and biodiesel blend still causes some extent of concerns for the end users, especially when the ratio of the blend is increased from B2 to B20.

The Biodiesel Handbook also inform that Biodiesel's storage stability, oxidative stability as well as its high affinity to dissolved water could lead to shortened fuel filter life and deteriorated fuel/water filtration efficiency. Biodiesel is known to have higher cloud point and more unsaturated hydrocarbon content, which tend to lead to earlier wax precipitation and increased intensity of fuel oxidation. The affinity to water is attributed to the more polar nature of alkyl-esters and unsaturated acids which barely exist in petrodiesel, a middistillate of crude oil with boiling temperature ranging from 180°C to 340 °C.

2 | VOLUME OF PRE-FILTER SOLD

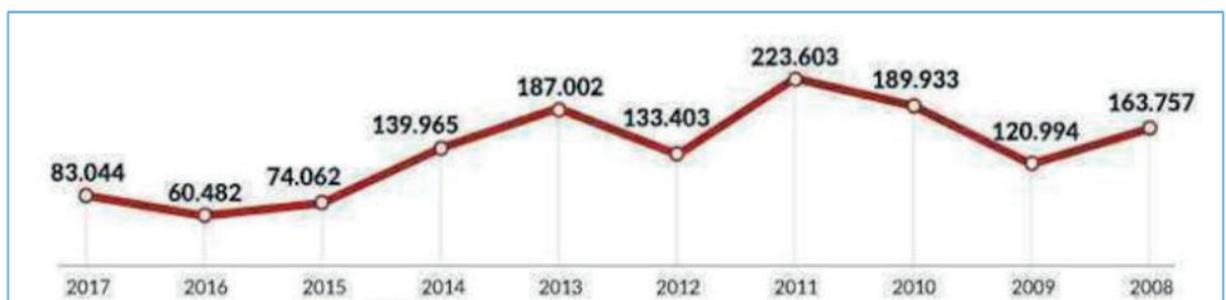
Evaluating the volume of pre filter sold during 2005 to 2018 period and comparing the volume of biodiesel increased during those years. It was noted that the volume of pre filter commercialized increased according to percentage of biodiesel in v/v from 2% until 10%. The graphic 1 show the volume sold trend according to volume of biodiesel increasing.



Graphic 1: Volume sold trend according to volume of biodiesel increasing (Source: Parker Hannifin).

The volume sold increased 4,6 times (50.000/year to 230.000/year in average) from B3 in 2009 between period 2010-2016. The truck and bus production volume in Brazil increased in 2011 cause Euro 5 program (Proconve P7) and the aftermarket parts keeps the same trend until B7 in 2016. In 2017 new increment volume was noted when changed to 8% v/v and the volume of pre filter increased in 48,39%. The Trucks and Buses field backlog and production volume from 2008 to 2017 does not match relating of total pre filter commercialized and specifically during Brazilian crisis period (2015 to 2018).

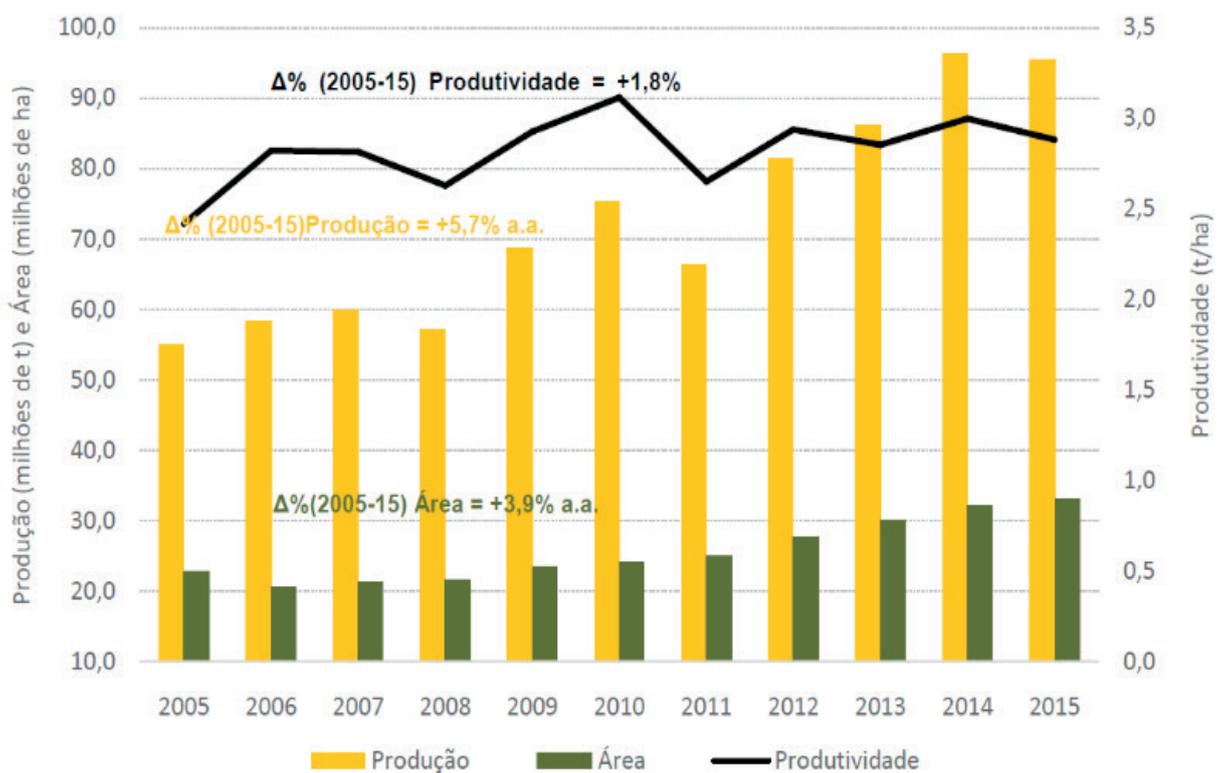
According to electronic magazine OTTO IN 2012 [1] the fuel contamination could be the responsible to cause some expensive and complex problems and, in some cases, could impact in water separation process. The Biodiesel Handbook [2] also inform that low oxidation stability reduce life and water/oil separation efficiency in diesel pre filter.



Graphic 2: Trucks volume production from 2008 to 2017 (Source: Anfavea).

3 I SOCIAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS

The Energy and Mines Ministry (MME) informed in October 2016 [3], the trend reported in April of this same year through National Petroleum, Natural Gas and Biofuel Agency (ANP), if the investment to expand the national production of petrodiesel and biodiesel does not happen faster, it will be necessary to import around 24,6 billions of liters in 2030 in order to attend the diesel engine vehicles demand. The demand planned for 2016 is around 93,6 billions of petrodiesel liters included the 7% of biodiesel mixed (6,5 billion liters of biodiesel) than it is possible to conclude the production estimated demand of 18 billion liters of biodiesel could exceed at around 11,5 billion liters that correspond 47% of total importation. Certainly, will contribute to increase at Brazilian Commercial Balance in a positive balance. The graphic 3 show the historic production, planting area and Brazilian soybean production between 2005 to 2015 according to CONAB [4]. It is verified the annual production growing in 5,7%/year and the biodiesel production should be increased in order to support the demand in case of biodiesel mixed in petrodiesel increased as well.



Graphic 3: Production historic, crop area and Brazil soybean production. Source: CONAB

The table 1 shows diesel consumption demand in Brazil increased. The soybean agribusiness production previewed between 2016 to 2030 increase in 300% and this growing condition bring some necessities as investments, employees generation, growth of cities, per capita incomes, facilities improvement by tax and cities investment.

Premissas/Projeções	2016	2020	2025	2030	Unidade (milhões)	Δ% 2016-30 (a.a.)
Mistura obrigatória	B7	B10	B15	B20	%	-
Composição de matérias-primas						-
<i>Óleo de soja</i>	77	77	77	77	%	-
<i>Sebo bovino</i>	18	15	11	8	%	-
<i>Óleo de palma</i>	0	2	5	8	%	-
<i>Outros</i>	5	6	7	7	%	-
Volume de diesel B	55	64	76	90	m ³	3,9%
Volume de biodiesel	3,9	6,4	11,4	18,0	m ³	12,6%
Volume de biodiesel de soja	3,0	4,9	8,8	13,9	m ³	12,6%
<i>Óleo de soja para biodiesel</i>	2,6	4,3	7,7	12,2	t	12,6%
<i>Soja processada para biodiesel</i>	14,1	23,4	41,8	65,9	t	12,6%
Volume de biodiesel de sebo bovino	0,7	1,0	1,3	1,4	m ³	5,8%
<i>Sebo para biodiesel</i>	0,6	0,8	1,1	1,3	t	5,8%
<i>Abates equivalentes</i>	27	37	48	55	cabeças	5,8%
Volume de biodiesel de óleo de palma	0,0	0,1	0,6	1,4	m ³	-
<i>Óleo de palma para biodiesel</i>	0,0	0,1	0,5	1,3	t	-
<i>Área plantada necessária</i>	0,00	0,03	0,11	0,25	ha	-

Table 1. Raw material prediction for Biodiesel. Source: ABIOVE

The Management Center and Strategic Studies (CGEE) [5] from Science, Technology and Innovation Ministry (MCTI) 2004, soybean agribusiness estimative is the responsible to employ 4,7 million people direct and indirect in several areas as a production, transport, distribution, process and industrial raw material.

The Brazilian Company for Research and Agricultural (Embrapa) [6], inform that his production volume indicators for future is near to North American market. The United States production in 2017/2018 was 119,5 million of tons and in Brazil 117 million of tons and Gross National Income (PIB) indicator of agribusiness represent 20% of all Brazilian economic activity.

4 | SPECIAL CARE FOR DIESEL PRE FILTER WATER/OIL SEPARATOR SCRAP

The “Meio Filtrante” magazine edition July/August 2007 [7] already present concerning about rightly filtering media scrap and the environmental responsibility must be required. According to the Meio Filtrante magazine, the main factor to be considered by legislation is the final disposal. The element disposal should be done by the waste generator responsibility and he should be done in right way avoiding possible environmental problem. In practice, the company that acquire and use the element media should disposal according current legislation.

Data from National Federation for the Distribution of Automotive Vehicles (FENABRAVE) [9] inform the total Truck and Bus Brazilian fleet is around 2,5 million of vehicles and the volume of pre filter replaced is 5 times/vehicle. According to Parker Hannifin company could produce diesel pre filter the current contaminated elements

media annual volume represent around 10 million/year and the mass of by each one is around 1,2 kg. In this way the total volume disposal per year is around 12.000 tons.



Image 1. Pre-Filter water/oil separator disposal without right care. Source: Meio Filtrante Magazine, published in July/August 2012.

The Brazilian Association of Volkswagen Truck and Bus Distributors (ACAV) [10], request special attention for right disposal residues from Truck and Bus maintenance. The main materials identified are lubricant oil, oil filter, diesel filter (main and pre filter), air filter and tires.

The wrong destination could promote an environmental concern. In this way, the ACAV inform all Brazilian dealers to take care at those components disposal in order to avoid soil and water table contamination.

5 | PRE FILTER ENGINEERING ANALYSIS

It was done several pre filter water/oil separation analysis at test bench, see image 2, with durability test parts and field parts.

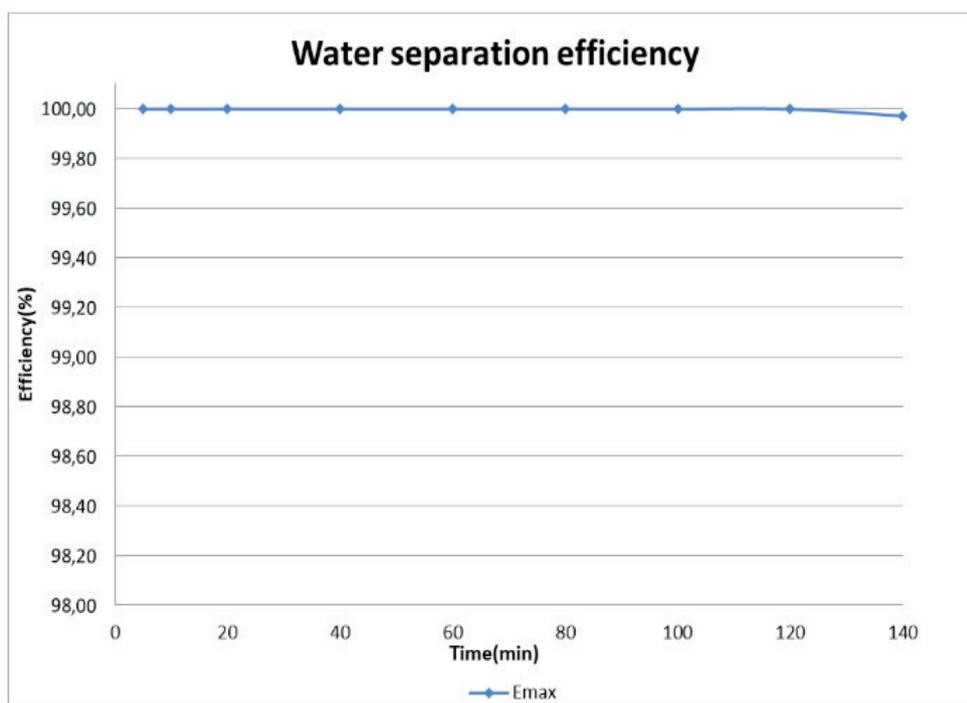


Image 2. Water separation test bench analysis according to SAE J1839. Source: Parker Hannifin

We verify life performance difference regarding to water separation between pre filters with S10 B10, S500 B10 and S10 B15 with high and low oxidative stability. The main idea is linked at sludge formation during durability test according to high and low oxidation stability, reducing the water separation efficiency. Biodiesel is a hydroscopic fluid according to Biodiesel Handbook [2], the water could pass through the media element, in ppm, by mechanical drag and carried to injectors. This condition makes the injectors performance reduction. Vehicles with long period without engine start could reduce the oxidation stability and also the pre filter life. The injectors life reduction is a consequence of that.

Pre filter maker evaluate 221 parts from field claim and the previews information from dealers is fueled with S10 B10 only in all cases and the main claim is pre filter low performance. Customer replacement with 15.000 km in average and the normal service maintenance interval is around 60.000 km but depending of vehicle application could be around 40.000 km. The oxidation stability according to Rancimat EN15751:2014 standard in average were 4 hours and the expectative is around 20 hours according to ANP resolution 30/2016. The lead time from diesel oil recovered and received for analysis could make the worse result. However, the total lead time between costumer claim and analysis is 2 months in average. Then it can be considered a normal lead time for this kind of warranty analysis cycle.

All evaluation was done at test bench according to SAE J1839 standard for water separation performance and the results in average minimum ere 30%. The minimum specification for approval is 95% and the supplier specification is 98% according to graphic 5.



Graphic 5. Water separation efficiency – New element media. Source: Parker Hannifin.

The SAE J1839 procedure as follows:

- Regular flow rate – 120 GPH;
- Add 18,9 ml/minute of water at inlet filter side;
- Remove samples with 1cc at outlet filter side according intervals 5, 10, 15, 20,..., 140 minutes.
- The efficiency is determined with Karl Fischer results.



Image 3. Photovolt Aquatest 2010, Karl Fisher method. Source: Parker Hannifin

5.1 Tests with S10 B10, S500 B10 and S10 B15 – High and Low Oxidation Stability

Were tested 5 vehicles with Diesel S10 B10 and oxidation stability with 46 hours in average, according to Rancimat – DIN EN 15751:2004. The mileage tested in each vehicle is 40.000 km in average and the water separation performance found out was 90% in average, see image 4.



Image 4. Filtering element media after test with diesel S 10 B10 with 46 hours of oxidation stability. Water separation efficiency with 90% in average. Source: Volkswagen Truck & Bus.

Were tested 5 vehicles with S 500 B10 and oxidation stability with 14 hours in average, according to Rancimat – DIN EN 15751:2004. The mileage tested in each vehicle was 30.000 km in average and the water separation performance found out was 50% in average, see image 5.



Image 5. Filtering element media after test with diesel S 500 B10 with 14 hours of oxidation stability. Water separation efficiency with 50% in average. Source: Volkswagen Truck & Bus.

Were tested 1 vehicle with S10 B15 and oxidation stability with 4,5 hours, according to Rancimat – DIN EN 15751:2004. The mileage tested was 7.000 km and the water separation performance found out was 34%, see image 6.



Image 6. Filtering element media after test with diesel S10 B15 with 4,5 hours of oxidation stability. Water separation efficiency with 34%. Source: Volkswagen Truck & Bus.

It was tested 1 vehicle with S10 B15 and oxidation stability with 27 hours, according to Rancimat – DIN EN 15751:2004. The mileage tested was 20.000 km and the water separation performance found out was 95,5%, see image 7.



Image 7. Filtering element media after test with diesel S10 B15 with 27 hours of oxidation stability. Water separation efficiency with 95,5%. Source: Volkswagen Truck & Bus.

5.2 Pre filter SEM analysis

It was decided to evaluate the element media at Scanner Electron Microscopy (SEM) in order to evaluate the fibers characteristics in a new media, tested in vehicle

and keeping good water performance at test bench and tested in vehicle with low water separation performance at test bench.

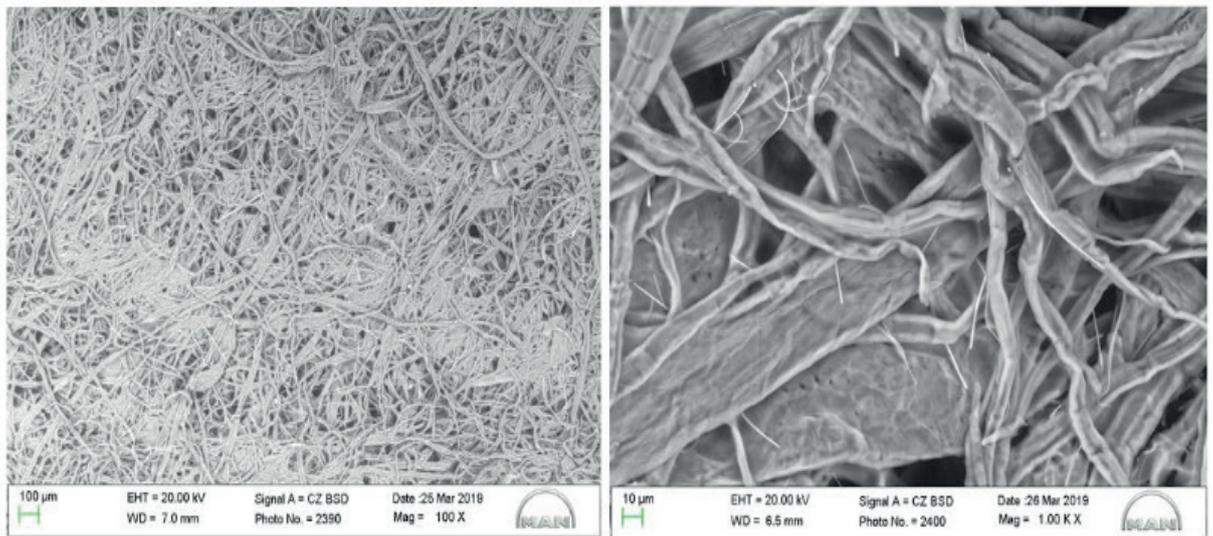


Image 8. New filtering element media 100X and 1000X. Source. Water separation efficiency with 98%. Source: Volkswagen Truck & Bus.

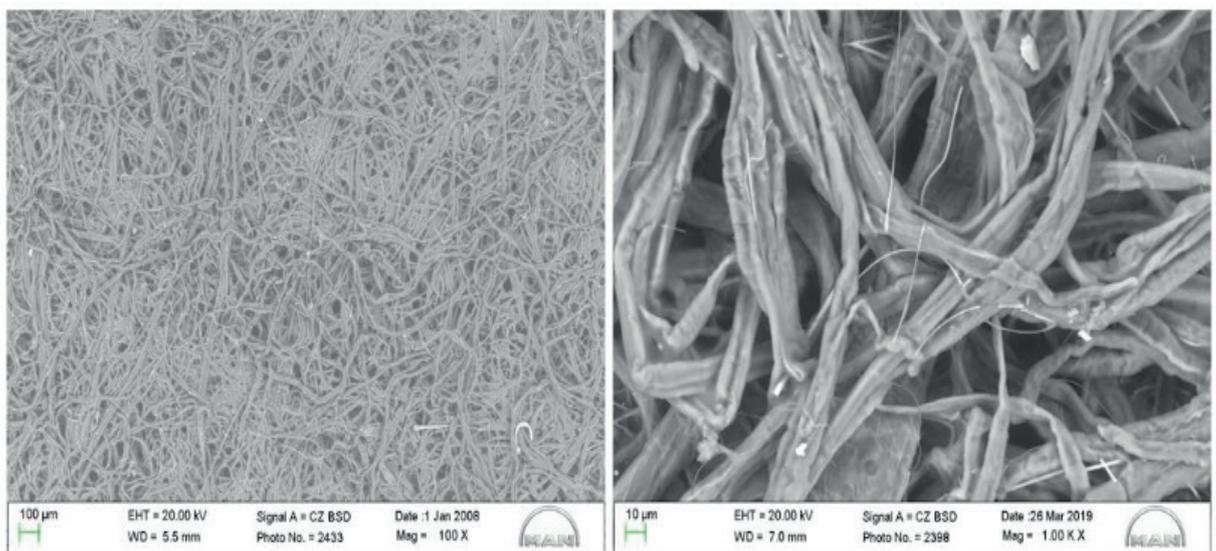


Image 9. Filtering element media tested with S10 B15 with 27 hours stability. Total tested: 20.000 km. Imagens with: 100X and 1000X. Source. Water separation efficiency with 95,5%. Source: Volkswagen Truck & Bus.

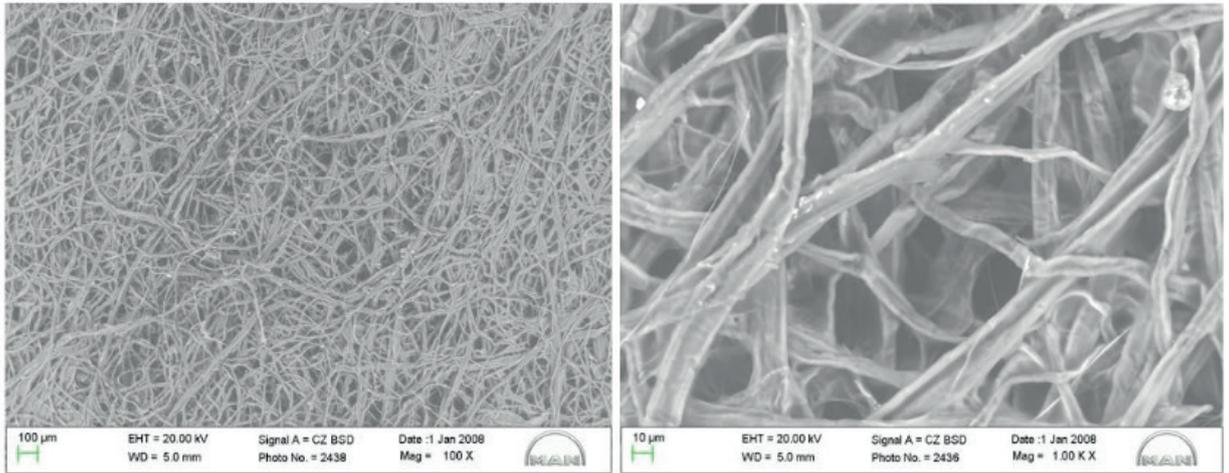


Image 10. Filtering element media tested with S10 B10 with 46 hours stability. Total tested: 73.000 km. Imagens with: 100X and 1000X, Water separation efficiency with 65%. Source: Volkswagen Truck & Bus.

The element media showed at image 10 was replaced after pressure sensor send a replacement signal to the cluster. The analysis regarding water separation efficiency was 65%.

6 | CONCLUSION

- The trend regarding the biodiesel percentage mixed at petrodiesel is a reality and this condition bring several economic and social benefits [9] to Brazil as an employment, per capita incomes and city tax collection increasing. The results could impact directly in education, health, safety and quality of life of inhabitants. Other aspects linked are transport, processing and biodiesel production are responsible for direct and indirect employment increase as well.

- The media filtering elements analysis evaluated with biodiesel oxidation stability over and lower than 20 hours shows a loss water/oil separation efficiency when the oxidation stability is lower than 20 hours. Then it will be necessary implement the 20 hours at Brazilian resolution as soon as possible. No other parameters were affected.

- It is necessary to include at National Policy of Solid Waste the diesel pre filter water/oil separator disposal in order to avoid water and soil contamination. The current Policy does not get this item defined as a reverse logistic.

- The National Policy of Solid Waste could include electrical energy by co-generation with an opportunity.

- The analysis by SEM show the possible reduction of water separation as a result of biodiesel hygroscopic characteristic and the water goes through by mechanical drag. This condition reduces the water separation performance at filtering media with low mileage when the oxidation stability is low. With oxidation stability over 20 hours no water oil separations was noted.

REFERENCES

- [1] OTTO Sistemas, A Importância do Filtro Separador Água/Óleo Diesel, <http://www.ottosistemas.com.br/noticias.php?ler=Mzly>: Access in Feb 02nd 2019
- [2] KNOTHE, Gerhard; GERGEN, Jon Van; KRAHL, Jürgen. The Biodiesel Handbook, AOCS Press, Illinois, USA – 2005.
- [3] BODIESEL, OPORTUNIDADES E DESAFIOS A LONGO PRAZO– Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE. Available at:[http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/07102016-131231-07_10_2016_n-_cenario_para_o_biodiesel_em_2030\(2\).pdf](http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/07102016-131231-07_10_2016_n-_cenario_para_o_biodiesel_em_2030(2).pdf): Access in Mar 30th 2019
- [4] ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS – CONAB. Available at: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>: Access in Mar 03th 2019.
- [5] CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS CGEE – Avaliação do Biodiesel no Brasil. Available at: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/biocombustiveis1_4363.pdf/7042bda8-0995-41c4-9aaa-cd08c389315c?version=1.0 : Access in Mar 06th 2019
- [6] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, Relatório de Gestão Exercício 2017/2018. Available at: <https://www.embrapa.br/documents/10180/1549626/Relatório+de+Gestão+2017/3181da57-30f1-84a9-6292-916ae2170477> : Access in Mar 16th 2019.
- [7] Descarte de Filtros Requer Cuidados Especiais. Available at: <http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=311&link=ultima&fase=C> : Access in Feb 27th 2019
- [8] SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE – SMA do Estado de São Paulo, Resolução SMA-038 de 02 de agosto de 2011. Available at: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=170826>. Access in Mar 3th 2019
- [9] ANUÁRIO 2017 FENABRAVE – O Desempenho da Distribuição Automotiva no Brasil. Available at: <http://www3.fenabrave.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=6&layout=indices-e-numeros> : Access in Mar 05th 2019.
- [10] ACAV dá Dicas Sobre Correto Descarte de Resíduos – Associação Brasileira de Distribuidores Volkswagen de Caminhões e Ônibus. Available at: <https://www.omecanico.com.br/acav-da-dicas-sobre-o-correto-descarte-de-residuos/>. Access in Mar 05th 2019.
- [11] CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999. Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258> : Access in Mar 05th 2019.
- [12] CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 301, de 21 de março de 2002. Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=364> : Access in Mar 05th 2019.
- [13] CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> : Access in Mar 05th 2019.
- [14] CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005. Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=466> : Access in Mar 05th 2019.
- [15] Efeitos da Produção de Biodiesel na Economia e no Emprego Formal na Agricultura. Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109641/1/efeito-da-producao-de-biodiesel.pdf> : Access in Mar 27th 2019.

[16] DE LUCENA, Thomas Krisp: Impactos do Uso de Biodiesel na Economia Brasileira – Uma Análise do Modelo Insumo-Produto. Dissertação de Mestrado – UFF – RJ, 2008. Available at: http://www.ie.ufrj.br/gema/pdfs/diss_thomaslucena.pdf : Access in Mar 30th 2019.

[17] SIMS, Brian, Biodiesel Magazine. Available at: http://www.biodieselmagazine.com/authors/view/Bryan_Sims. Access in Mar 10th, 2019.

GESTÃO DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DAS MARMORARIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ – PARÁ

Data de aceite: 03/02/2020

Taiana da Silva Ferreira

Núcleo de desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE) – UFPA
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/4642768521177905>

Felipe José Marques Mesquita

Núcleo de desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE) – UFPA
Breu Branco-Pará

<http://lattes.cnpq.br/4168905361933565>

Mateus Mamede Mousinho

Núcleo de desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE) – UFPA
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/3868070123511858>

Junior Hiroyuki Ishihara

Núcleo de desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE) – UFPA
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/3498874642887006>

RESUMO: A extração e beneficiamento de rochas ornamentais estão entre as principais atividades econômicas da mineração brasileira. Este trabalho objetivou avaliar o funcionamento das marmorarias do município de Tucuruí-PA. A metodologia consistiu na inspeção in loco, processo de produção, recursos hídricos e

gerenciamento dos resíduos. Foi constatado que apenas duas empresas possuem alvará de funcionamento e nenhuma está adequada à legislação ambiental vigente. Apenas uma das empresas realiza o reaproveitamento dos resíduos de corte e beneficiamento de mármore. **PALAVRAS-CHAVE:** mármore e granito, resíduos, reaproveitamento.

PROCESS MANAGEMENT OF THE BENEFICIATION OF TUCURUÍ-PARÁ MARBLE WORKS

ABSTRACT: The extraction and processing of ornamental rocks are among the main economic activities of Brazilian mining. This work aimed to evaluate the functioning of the marble works of the municipality of Tucuruí-PA. The methodology consisted of on-site inspection, production process, water resources and waste management. It was found that only two companies have a business license and none is adequate to the current environmental legislation. Only one of the companies realizes the reutilization of the residues of cut and processing of marble.

KEYWORDS: marble and granite, waste, reuse.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de mármore e granitos na arquitetura moderna se tornou um diferencial aos clientes que buscam conciliar durabilidade e beleza sem que, necessariamente, seja oneroso. Na construção civil esses materiais devem possuir requisitos de durabilidade, resistência a fenômenos naturais, como, luz, calor, frio, umidade, ventos, água da chuva, etc.; e, eventos causados pelo homem, como acidentes em geral. Outro requisito importante desse material é a higiene e impermeabilidade, como a capacidade do material de isolar termicamente e acusticamente o ambiente interno, aumentando assim o conforto e bem-estar dos moradores e/ou frequentadores do imóvel.

Em 2016 o Brasil exportou rochas ornamentais para 120 países, com maior destaque para Estados Unidos, China e Itália. Somadas, as vendas para esses três países representam cerca de 80,6% do total das exportações brasileiras de rochas, o preço médio das exportações recuou 11%, passando de US\$ 520,4/T em 2015 para US\$ 463,0/T em 2016 (ABIROCHAS, 2016). Entretanto, devido ao confuso quadro político-institucional do país, bem como à sua frágil situação econômica, pode-se considerar muito satisfatório o desempenho das exportações de rochas ornamentais, estas exportações constituíram a base de sustentação da cadeia produtiva do setor de rochas no país.

O crescimento acelerado das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais gera preocupações ambientais devido a grande geração de resíduos, estima-se que aproximadamente 30 a 40% de um bloco de mármore extraído se torne resíduo. A água é utilizada durante o processo de corte para evitar o sobreaquecimento da serra de rocha e evitar a poeira, porém resulta em uma lama que é despejada no meio ambiente (ALYAMAÇ e AYDIN 2015).

Soares e Vieira (2016) afirmam que a geração de pó se tornou um problema no setor de beneficiamento de rochas ornamentais, podendo ocasionar problemas a saúde humana e danos ao meio ambiente. Tendo isto em vista, o Ministério do Trabalho e Emprego publicou a portaria nº 43/08, proibindo o processo de corte e acabamento de rochas ornamentais a seco.

Segundo Matta (2003), a lama produzida no processo de extração gerada pelo processo tradicional, gera destruição do solo agrícola e florestal, alteração nas condições de drenagem do solo, poluição do ar, modificação e destruição da paisagem natural causando impacto visual.

Reis e Alvarez (2007) afirmam que a reciclagem dos resíduos do beneficiamento de pedras ornamentais contribui para redução do impacto ambiental e reduz a necessidade de áreas destinadas a aterros industriais. Percebe-se a urgência de adoção de boas práticas na destinação dos resíduos desta indústria de grande importância no contexto econômico, social e ambiental no Brasil e a necessidade de aplicar os resultados de pesquisas acadêmicas que indicam várias possibilidades de

uso e reciclagem desses resíduos.

O intuito da pesquisa é voltado para a verificação da situação do funcionamento das marmorarias e auxiliar como alerta ao poder público e aos geradores para atentar quanto ao cumprimento da legislação sobre a destinação final adequada dos resíduos sólidos e a sua viabilidade como subprodutos para outras atividades na construção civil.

2 | LEGISLAÇÃO

A resolução CONAMA 237 de 19 de dezembro de 1997 trata o Licenciamento ambiental como procedimento no qual o órgão ambiental autoriza a licença de localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos com potencial poluidor ou que possa causar degradação ambiental.

O licenciamento ambiental baseia-se em leis, decretos e resoluções para determinar a prevenção e punição de potenciais atos de prejuízo ao meio ambiente. Dentre elas, cabe ressaltar a resolução COEMA Nº 120 de 28 de outubro de 2015, A lei orgânica municipal e a lei municipal nº 7140 de 12 de dezembro de 2006.

A resolução COEMA Nº 120 de 28 de outubro de 2015, que dispõe sobre as atividades de impacto ambiental local, de competência dos Municípios trata a atividade de Aparelhamento de placas e execução de trabalhos em mármore, granito, ardósia e outras pedras como atividade de potencial poluidor médio, sendo o licenciamento desta atividade competência dos municípios.

A lei Orgânica de abril de 1990, do município de Tucuruí-PA determina que as atividades potencialmente causadoras de degradação do meio ambiente necessitam de prévio licenciamento do órgão regulador ambiental, além de obrigar as pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas que realizem atividades poluidoras ou potencialmente poluidoras a dar tratamento e disposição final dos resíduos por elas produzidos.

As taxas do licenciamento ambiental do município de Tucuruí-PA são regulamentadas pela lei municipal nº 7.140, de 12 de dezembro de 2006. As taxas variam de acordo com o porte do empreendimento e grau potencial de poluição.

3 | METODOLOGIA

O Município de Tucuruí-PA conta com duas marmorarias com alvará de funcionamento, que desenvolvem os principais serviços de produção e de comercialização de produtos voltados para o atendimento das atividades da construção civil, decoração e outros conforme solicitados por clientes. As demais atuam de forma clandestina e quase sempre irregular. As inspeções foram realizadas in loco e com o auxílio de um questionário semiestruturado, conforme tabela 1, a seguir:

Documentação (Licenças)
Alvará Ambiental Sanitária
Processo Produtivo
Lavagem dos blocos Processo de polimento, corte e acabamento Relação resíduo x produção (%)
Recursos Hídricos
Captação da água? Limpeza da Caixa d'água a cada seis meses? Possui reservatório?
Controle dos Resíduos Sólidos
Caracterização da lama Impermeabilização de pisos Existe sistema de decantação da água para a separação da lama? Existem canaletas para captação da água utilizada no processo produtivo? A água é reutilizada no processo? Ocorre limpeza diária do local do trabalho? O resíduo sólido tem destino adequado? (Aterro Industrial)

Tabela 1. Etapas de pesquisa

Fonte: Adaptado de Soares & Vieira (2016).

Foram aplicadas algumas perguntas voltadas para o esclarecimento da regularização ambiental, do processo de produção e gerenciamento dos resíduos provenientes da fabricação das peças.

A primeira verificação foi com relação a documentação de licença ambiental juntamente com a autorização sanitária do município, conforme a lei municipal nº 7.140, de 12 de dezembro de 2006. A segunda baseou-se no acompanhamento da produção diária e atendimento de demanda, de forma que pudesse ser explicada cada etapa de funcionamento dos processos executados no local até a entrega do produto. E na última, buscou-se saber sobre a destinação dos resíduos e como estas empresas gerenciam os processos finais de utilização de materiais.

As empresas envolvidas serão identificadas como microempresa “A” e “B” e as informações fornecidas são de acordo com o relato obtido por cada uma e observação in loco.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROEMPRESA “A”

A microempresa “A” conta com um contingente operacional entre 15 a 20 funcionários, que varia de acordo com a época de demanda. Segundo o proprietário, a licença que a mesma dispõe se trata do aspecto legal de funcionamento comercial. Com relação às leis de regularização ambiental e sanitária, esta não dispunha por não ser uma tratativa exigida geralmente pela secretaria de meio ambiente da região, já que eles entendem que o tipo de impacto seria mínimo e que o produto residual quase sempre fosse aproveitado na construção civil e agrícola.

A matéria prima vem de fora da cidade, quase sempre do mesmo fornecedor que se localiza no estado do Espírito Santo e as pedras mais comercializadas são de mármore e granito, variando nos tipos e tonalidades de cada uma. As placas são condicionadas no pátio da empresa (Figura 1).



Figura 1. Área de armazenamento das peças

Os produtos fornecidos são feitos por encomendas de clientes, sendo estes: pias, balcões, soleiras, peitoris, pedras para detalhes construtivos e dentre outros. O ambiente de produção conta com a parte de exposição do material, armazenamento de produtos e um galpão onde são confeccionadas as peças.

No galpão encontra-se a área de corte, tanque de decantação e espaço de montagem, sendo que a água proveniente do corte passa por uma canaleta e segue para uma caixa de efluentes (Figura 2). Conforme o proprietário, o piso foi impermeabilizado quando a fábrica foi construída.

Não são utilizados produtos químicos para o processo de corte ou mesmo acabamento, neste caso, a água serve para a confecção das peças. A captação desta é realizada de um poço artesiano e armazenada em uma caixa d'água com capacidade de 2000 litros (Figura 3).



Figura 2. Tanque de decantação



Figura 3. Poço para captação da água de corte

A forma de fabricação é artesanal e é realizada conforme a experiência obtida durante os anos de trabalho nesse setor. Os operários que se qualificam são formados no período de contrato. Segundo o encarregado de operação, há uma grande evasão por parte dos mesmos, o que não possibilita uma mão de obra permanente para esse tipo de serviço.

No local de operação, pode-se notar que o material residual se encontrava misturado entre pó e pedaços das peças (Figura 4), é possível verificar que após a água passar pelo o processo de decantação, a mesma sofre contaminação do pó proveniente do corte ao passar pela canaleta. A limpeza é realizada semanalmente e o entulho que não pode ser reaproveitado é depositado em um terreno localizado

próximo a fábrica.



Figura 4. Local temporário de entulho

As peças provenientes dos cortes das placas são aproveitadas para confecção de pisos de calçadas (Figura 5) e revestimento para muros e as demais utilizadas no concreto de algumas obras do proprietário, já que o mesmo também é empreiteiro da área da construção civil.



Figura 5. Calçada e muro revestido com sobras de material

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA MICROEMPRESA “A”

A microempresa “B” apresenta no seu quadro pessoal cerca de 6 (seis) funcionários que trabalham por produtividade. Segundo o proprietário, a empresa

conta com apenas a licença do aspecto legal de funcionamento comercial. Sobre as licenças de regularização ambiental e sanitária, a mesma não dispunha por não ser uma tratativa exigida geralmente pela secretaria da região.

O fornecedor da matéria prima para a empresa se localiza no estado do Espírito Santo, o proprietário informou que a empresa apresenta uma grande diversidade de matéria prima, flexibilidade e confiabilidade na entrega para atender as exigências cobradas pelo cliente, fatores relevantes para o proprietário.

Os principais produtos na empresa são: balcões, soleiras, peitoris, pedras para detalhes construtivos, dentre outros. O arranjo físico do local de trabalho com a área de armazenamento conta com aproximadamente 40 m². Esse local também apresenta a área de corte, o tanque de decantação. Conforme o proprietário, o piso foi impermeabilizado quando a fábrica foi construída.

No processo produtivo na fabricação de peças, a empresa apresenta poucas máquinas de corte e acabamento, utiliza-se apenas água para o processo de corte e polimento, a água é fornecida pela rede pública de abastecimento e por um poço utilizado somente quando a água da caixa d'água (1000 litros) é esgotada. Os operários possuem pouca qualificação e o maior problema apresentado pelo proprietário é o absenteísmo, indicador não mensurado para identificar a real causa desse problema, acarretando em atrasos na entrega ao cliente.

Os resíduos que são gerados na serra de bancada (Figura 6) pode-se notar que o material residual também se encontra misturado entre o pó de mármore e pequenos pedaços das peças. O reservatório de decantação fica poucos metros e é semelhante a um poço, quando o mesmo atinge a sua capacidade máxima, o encarregado chefe realiza a limpeza do local uma vez por semana, descartando todos os resíduos no aterro industrial próprio ao lado da empresa.



Figura 6 - Serra de bancada

O proprietário não consegue realizar um monitoramento sobre qual a quantidade de produção de resíduos, por não conhecer quais são os tipos de ferramentas necessárias para encontrar um valor aproximado.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as respostas obtidas por meio do questionário, foram verificadas que as empresas que oferecem os serviços de fabricação e comercialização de peças de mármore e granitos obedecem às exigências mínimas de documentação, pois a fiscalização in loco por parte da secretaria responsável é realizada para cobranças de taxas e de forma esporádicas ou praticamente anuais. Além disso, boa parte desconhecem os riscos de contaminação com os procedimentos realizados durante a produção.

Com relação ao abastecimento de água, ambas dispõem de um sistema próprio de captação e armazenamento, porém sem controle de limpeza ou inspeção. O abastecimento público é utilizado, entretanto, por conta da falta de confiabilidade de fornecimento diário, as empresas utilizam a captação como alternativa.

O local de trabalho da microempresa “A” é arejado e conta com uma lógica de produção que visa a facilidade de manuseio das placas, acabamento final e armazenamento das peças, todavia pode-se perceber que a umidificação para controle da poeira não é uma prática realizada com frequência.

Com relação a microempresa “B”, sobre o local de trabalho, por outro lado, o telhado baixo diminui a circulação de ventos, causando desconforto aos funcionários por causa do pó de mármore e granito e pouca facilidade de manuseio das placas, pois apenas a área de trabalho é cimentada, o local de armazenamento não possui esse tipo de tratamento, podendo causar acidentes e danos ambientais em períodos chuvosos na região.

Na microempresa “A”, o tanque de decantação possui a dimensão suficiente para atender as realizações das atividades, enquanto que na microempresa “B”, suas dimensões são pequenas para a grande quantidade de resíduos (cacos) que ocupam esse espaço. Entretanto, ambas dispõem de um sistema de escoamento de água, que passa pelo processo de corte e é escoada por meio de uma canaleta aberta, sendo conduzida para uma caixa de efluentes, todavia não foi possível verificar se elas possuem algum tipo de filtro ou mesmo algum sistema que impeça a contaminação do solo ou mesmo do lençol freático.

A limpeza nas microempresas “A” e “B” é realizada semanalmente e a lama que fica disposta no fundo da caixa de decantação é retirada quando há necessidade, em seguida segue para o terreno que fica a disposição para armazenamento das partes residuais das peças. Contudo, segundo o proprietário da microempresa “A”, os resíduos são aproveitados basicamente em sua totalidade, sendo utilizados na construção civil,

decoreção ou mesmo na produção agrícola, enquanto que a microempresa “B”, não realiza o seu aproveitamento dos resíduos com outras alternativas econômicas.

Não foi possível a verificação *in loco* do aterro utilizado pela a microempresa “A”, mas segundo relato o espaço é utilizado desde a fundação da fábrica (aproximadamente 10 anos). Conforme dito anteriormente pela microempresa “B”, a mesma não mensura esse indicador de produção de resíduo, por não perceber a potencialidade comercial de seus subprodutos.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho realizou o diagnóstico da situação atual de funcionamento das marmorarias do município de Tucuruí-PA. Percebeu-se que as marmorarias em funcionamento não estão adequadas com a legislação ambiental vigente. Dentre as empresas do ramo de marmoraria no município, apenas as duas possuem o alvará de funcionamento.

As empresas analisadas não possuem controle quanto ao gasto de recursos hídricos ou volume total de resíduos gerados. Constatou-se que uma das empresas realiza o reaproveitamento de parte dos resíduos gerados no corte e beneficiamento das peças de mármore e granito na produção de calçadas e concreto, reduzindo os impactos ambientais da disposição dos mesmos. O reaproveitamento do RCMG na produção de argamassas e concretos é um tema analisado no meio acadêmico por autores como Calmon *et al.*(1997) e Bacarji *et al.* (2013).

Soluções como instalação de hidrômetros, tanques e filtros para reaproveitamento da água residual do corte das peças são alternativas que podem reduzir o desperdício de água no empreendimento.

Cabe ao poder público municipal, o incentivo a legalização das empresas em funcionamento no município, assim como apresentar maneiras de redução dos impactos ambientais gerados pelos estabelecimentos através tanto da disposição adequada dos resíduos como pelo o reaproveitamento dos mesmos.

REFERÊNCIAS

Alyamaç, Kürsat Esat; AYDIN, Alp Bugra.(2015). **Concrete Properties Containing Fine Aggregate Marble Powder**. KSCE Journal of Civil Engineering. 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/272399041_Concrete_properties_containing_fine_aggregate_marble_powder>. Acesso em: 03 de agosto de 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12205-015-0327-y>

Abirochas.(2016) **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2016**. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/noticia.php?eve_id=4062>. Acesso em: 27 de julho 2017.

BACARJI, E.; TOLEDO FILHO, R. D.; KOENDERS, E. A. B.; FIGUEIREDO, E. P.; LOPES, J. L. M. P. **Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete Fillers**. Construction and Building Materials, n. 45, p. 1-10, 2013. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/>

article/abs/pii/S0950061813002389 >. Acesso em: 27 de julho 2017.

CALMON, J.L.; TRISTÃO, F. A.; LORDÉLLO, F.S.S.; SILVA, S.A. **Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento**. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, Anais. Salvador, BA: ANTAC, 1997, p. 64-75

COEMA. Conselho Estadual de Meio Ambiente Do Pará.(2015) **COEMA Nº 120 de 28 de outubro de 2015**. Disponível em: < <https://www.semas.pa.gov.br/2015/11/05/resolucao-coema-no-120-de-28-de-outubro-2015/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2017.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (1997). **Resolução Nº 237 de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 03 de agosto de 2017.

Matta, P. M.(2003) **Indústria de Rochas Ornamentais: Rejeitos x produção limpa**. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM/BA, Salvador, 2003.

Reis, Alessandra Savazzini; Alvarez, Cristina Engel de.(2007) **A sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais**. Encontro Latino-Americano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2., 2007, Campo Grande, MS. Disponível em: < http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/2007_artigo_009.pdf>. Acesso em: 02 de agosto de 2017.

Soares, Ercilia do Socorro Souza; Vieira, Raimundo Kennedy.(2016) **Análise ambiental dos processos de beneficiamento das marmorarias da cidade de manaus**. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 36, 2016, João Pessoa/PB. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. João Pessoa/PB: [s.n.], 2016. p. 1-12. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_234_366_29266.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2017.

Tucuruí. Prefeitura municipal de Tucuruí-Pa.(2006) **Lei Municipal nº 7.140, de 12 de dezembro de 2006**. Institui o código tributário do município de Tucuruí e dá outras providências. Tucuruí: 2006.

Tucuruí. Prefeitura municipal de Tucuruí-Pa. **Lei Orgânica municipal.(1990)**. <<http://www.sgptransparenciapmtuc.solucaogestaopublica.com.br/>>. Acesso em 02 de Agosto de 2017.

ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR

Data de aceite: 03/02/2020

Eloi Rufato Junior

elrufato@utfpr.edu.br

UTFPr - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica

COPEL - Departamento de Energia Eólica.

Plinio Caetano de Siqueira

plinio-caetano@hotmail.com

UTFPr - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica

Rafael de Freitas Gasparelo Danderfer

rafa_de_freitas@hotmail.com

UTFPr - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica

Thomas Hideki Sasaya

thomas.sasaya@gmail.com

UTFPr - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica

RESUMO: Buscando-se determinar o impacto do modelo de produção de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR) na operação do sistema elétrico de potência, este trabalho discorre sobre o desempenho do sistema fotovoltaico monofásico conectado à rede do Escritório

Verde da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Curitiba, localizado na região central da cidade, em operação desde 14 de dezembro de 2011, quanto aos parâmetros de qualidade de energia de tensão em regime permanente, fator de potência, distorção harmônica de tensão e variação de frequência preconizados pela 10^a revisão do módulo 8 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional) e efetua comparativos entre os resultados das análises de qualidade de energia elétrica com dados climatológicos e atmosféricos registrados por um período de três semanas distintas. Os dados climatológicos são provenientes de base de dados pertencente ao SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), com base em estação meteorológica localizada na cidade de Curitiba. Através dos resultados das análises e comparações realizadas, observa-se que o SFVCR do Escritório Verde atende adequadamente às definições da ANEEL quanto à qualidade de energia elétrica produzida. Nota-se, também, o impacto substancial da irradiância incidente e da temperatura média ambiente no município de Curitiba sobre alguns dos parâmetros de qualidade de energia elétrica registrados no estudo, observando-se momentos e que o coeficiente de correlação de Pearson entre as variações de irradiância global no plano horizontal e o fator de potência para

as fases do sistema alcançou a ordem de 76% para a segunda semana de estudo, compreendida entre os dias 25 de Setembro e 02 de Outubro de 2019. Na mesma semana, observou-se índices de correlação entre a temperatura média ambiente e a tensão em regime permanente em patamares próximos a 50%.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Energia Fotovoltaica, Qualidade de Energia Elétrica.

ABSTRACT: In order to determine the impact of the grid-connected photovoltaic power generation (SFVCR) model on the operation of the power system, this paper discusses the performance of the single-phase photovoltaic system connected to the Federal Technological University of Paraná (UTFPR) Green Office, campus Curitiba, located in the central region of the city, in operation since December 14, 2011, regarding the parameters of steady state voltage power quality, power factor, voltage harmonic distortion and frequency variation recommended by the 10th revision of module 8 of PRODIST (Procedures for Distribution of Electricity in the National Electric System) and makes comparisons between the results of the analyzes of electric power quality with climatic and atmospheric data registered for a period of three distinct weeks. Climatological data come from a database belonging to SIMEPAR (Paraná Meteorological System), based on a meteorological station located in the city of Curitiba. Through the results of the analyzes and comparisons performed, it is observed that the SFVCR of the Green Office adequately meets ANEEL's definitions of the quality of electricity produced. It is also noted the substantial impact of the incident irradiance and the average ambient temperature in the city of Curitiba on some of the electric power quality parameters registered in the study, observing moments and that the Pearson correlation coefficient between the variations of the global irradiance in the horizontal plane and the power factor for the system phases reached 76% for the second study week, from 25 September to 02 October 2019. In the same week, we observed correlation indices between average ambient temperature and steady state voltage at levels close to 50%.

KEYWORDS: Energy Efficiency, Photovoltaic Energy, Electric Energy Quality.

1 | INTRODUÇÃO

Em meio a uma sociedade cada vez mais dependente da eletricidade como matriz energética para suas mais diversas finalidades, torna-se crescente a preocupação com o aumento de sua demanda, justificando a busca por novas formas de geração (ABILIO et al., 2010). O aproveitamento da energia proveniente do Sol tem despontado como uma das alternativas mais promissoras para o saciamento da demanda da sociedade por energia elétrica e por calor (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo o Global Status Report, em 2017, a capacidade total instalada de energia solar fotovoltaica mundial alcançou o patamar de 402 GW de potência instalada, traduzindo-se em um crescimento de mais de 30% em relação ao ano anterior (REN21,

2018).

Segundo Tiepolo (2015), os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, onde projetos para aproveitamento de recursos solares foram impulsionados com fortes incentivos governamentais. O Estado do Paraná demonstra elevado potencial de geração, conforme demonstrado na Figura 1, que ilustra um comparativo entre a irradiação total anual no Estado e no continente europeu.

Em abril de 2012 publicou-se a primeira resolução normativa da ANEEL, cujo escopo abrangeu a regulamentação da política de créditos de energia para a geração distribuída no Brasil, a Resolução nº 482. Em dezembro do mesmo ano, a ANEEL publicou a resolução nº 517, que alterou a resolução anterior no que tange ao sistema de compensação financeira pela energia produzida pela unidade e injetada na rede (TONIN, 2017). Ao final de 2015, a ANEEL tornou pública a resolução nº 687, que introduziu melhorias para a geração de energia por fontes renováveis, dentre as quais se destacam o incremento da duração dos créditos de energia elétrica de 36 meses para 60 meses e a redução do prazo de tramitação dos pedidos de conexão junto às distribuidoras (ANEEL, 2015).

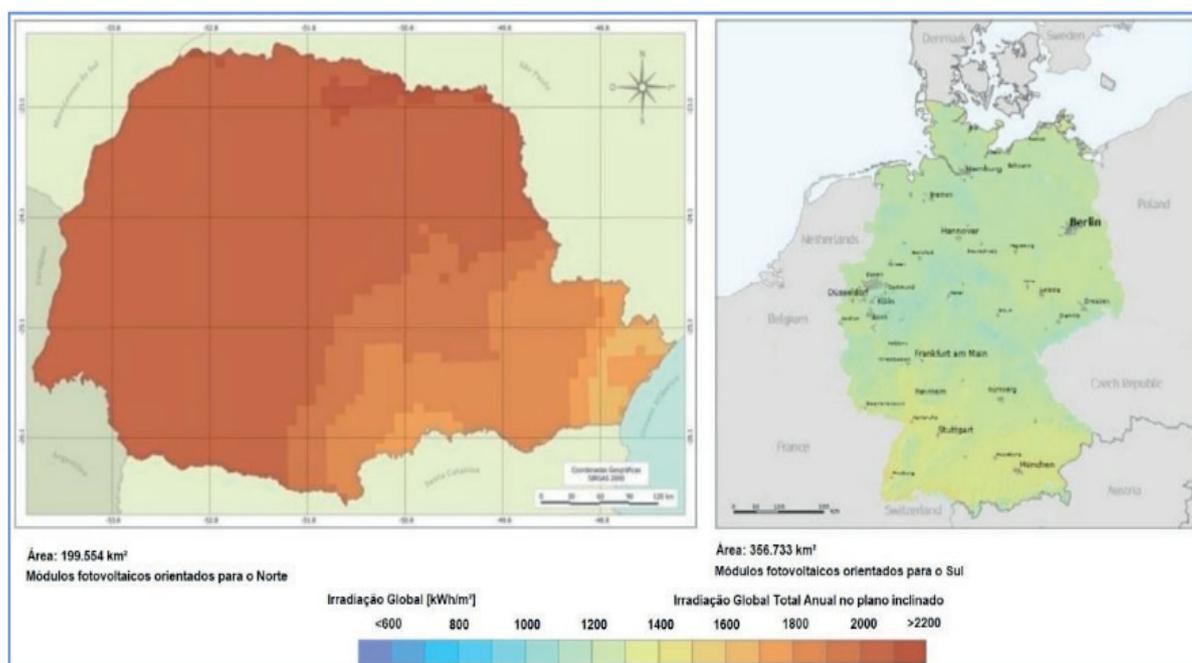


Figura 1 – Comparativo entre a irradiação anual no Paraná e na Alemanha.

Fonte: adaptado de (TIEPOLO et al., 2014).

Considerando o contexto apresentado e a necessidade inequívoca de diversificação da matriz elétrica brasileira, confirma-se a crescente importância da GD (Geração Distribuída) de energia elétrica no país, de forma que a preocupação com a qualidade da energia injetada na rede se acentua, principalmente quando realizada por micro e mini plantas geradoras (BRASIL, 2015).

2 | EMBASAMENTO TEÓRICO E METODOLOGIA

A localidade na qual este estudo se embasa consiste no Escritório Verde (EV) da UTFPR (Figura 2), localizado no bairro Rebouças, região central do município de Curitiba. No local, encontra-se em operação um sistema fotovoltaico conectado à rede de 2,1 kWp, composto por 10 módulos fotovoltaicos de silício policristalino da marca KYOCERA, modelo KD210GX-LP, interligados em série, e por um inversor monofásico com transformador de baixa frequência, modelo PVP2000, da marca PVPOWERED, de 2 kW de potência.



Figura 2 – Escritório Verde da UTFPR.

Fonte: acervo próprio (2019).

O monitoramento dos indicadores de qualidade de energia elétrica do local fora realizado seguindo-se os critérios estabelecidos pela Seção 8.1 da 10^a Revisão do Módulo 8 do PRODIST, envolvendo os parâmetros de Tensão em Regime Permanente, Fator de Potência, Variação de Frequência e Distorção Harmônica de Tensão. Além do exposto, a Distorção Harmônica de Corrente também foi registrada, apesar de não possuir limites especificados pelo documento (ANEEL, 2017)

Os parâmetros de qualidade de energia elétrica descritos foram abstraídos por meio de aquisições realizadas em intervalos regulares de 10 minutos entre cada amostra, ao longo do período de uma semana, totalizando 1008 registros por semana. O procedimento fora repetido por 3 semanas, sendo que a primeira análise compreende o intervalo entre os dias 16 e 22 de setembro de 2019, a segunda abrange o período entre o dia 25 de setembro e 01 de outubro de 2019 e a última integra o intervalo entre os dias 02 e 08 de outubro de 2019.

Os registros de Qualidade de Energia Elétrica (QEE) do EV foram realizados

por meio de um analisador de qualidade de energia da marca EMBRASUL, modelo RE6000, conectado ao ponto de interligação do SFVCR ao quadro geral do Escritório Verde, conforme o diagrama apresentado na Figura 3.

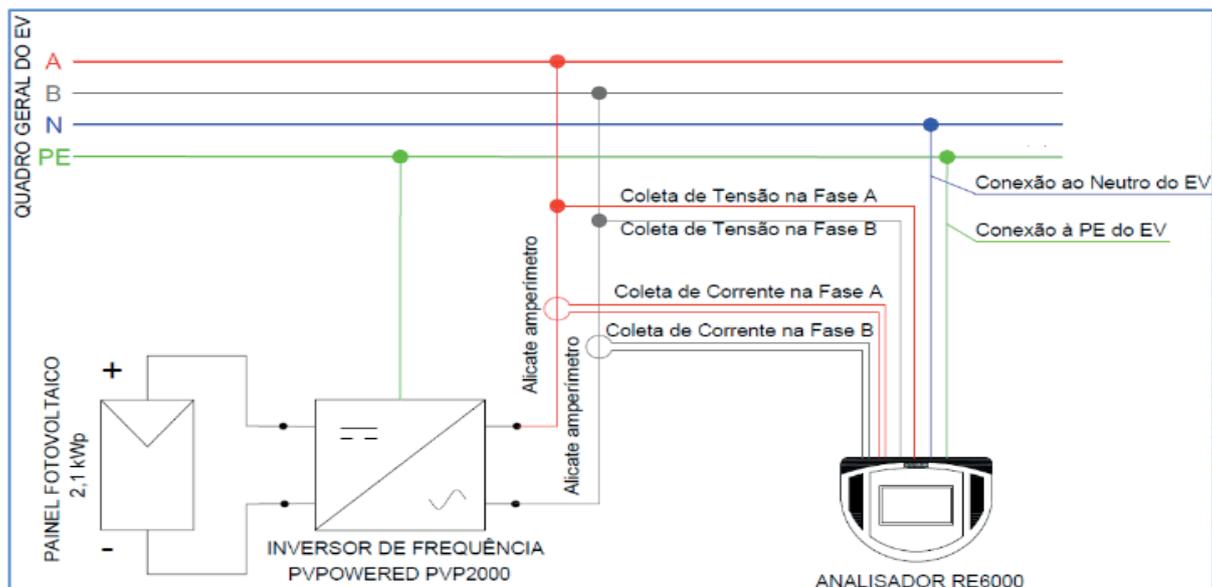


Figura 3 – Diagrama de conexão do analisador RE6000 à instalação do EV.

Fonte: autoria própria (2019).

2.1 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

A energia solar fotovoltaica consiste na energia elétrica produzida por células fotovoltaicas, a unidade básica de um sistema solar, fabricado com material semicondutor, com base na conversão direta de luz em eletricidade, através do efeito fotovoltaico (TONIN, 2017).

Um painel fotovoltaico é formado por um conjunto de módulos fotovoltaicos interligados em associações em série, em paralelo ou misto. Um módulo, por sua vez, representa um conjunto de células fotovoltaicas, que são interconectadas e, sequencialmente, encapsuladas de maneira a se evitar danos aos componentes provenientes da exposição do módulo ao tempo.

A definição das propriedades elétricas do módulo fotovoltaico tem como fundamento a determinação da curva característica da corrente (I) pela tensão elétrica (V), observável na Figura 4. Tal comportamento deve ser obtido em condições particulares de temperatura, irradiância, massa de ar e velocidade do vento (BUHLER, 2007).

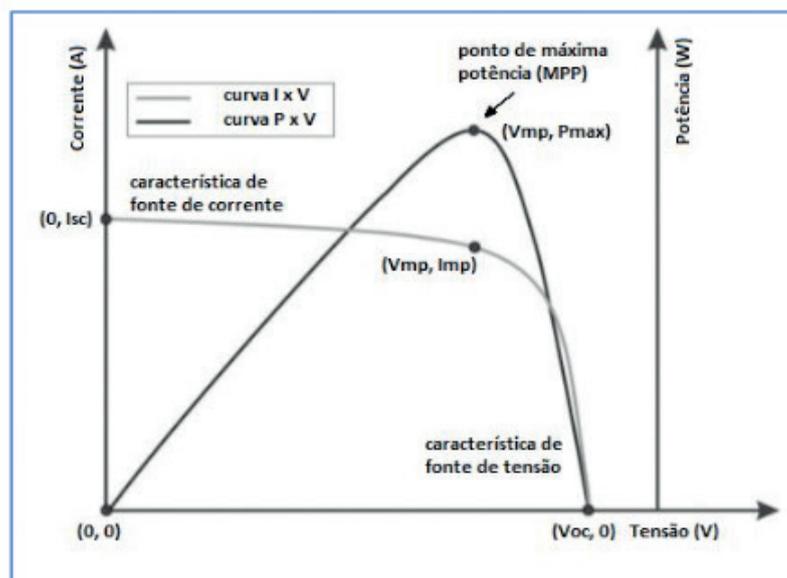


Figura 4 – Curva característica de um módulo fotovoltaico.

Fonte: (CARLETTE, 2015).

A definição das propriedades elétricas do módulo fotovoltaico tem como fundamento a determinação da curva característica da corrente (I) pela tensão elétrica (V), observável na Figura 4. Tal comportamento deve ser obtido em condições particulares de temperatura, irradiância, massa de ar e velocidade do vento (BUHLER, 2007).

Além do painel fotovoltaico, um sistema conectado à rede conta com a existência de um dispositivo capaz de converter a energia elétrica em corrente contínua produzida pelo sistema em corrente alternada adequada à entrega de energia à rede. Tal operação é executada pelo inversor de frequência, cuja topologia está diretamente ligada à qualidade da energia elétrica entregue no ponto de conexão, uma vez que a forma de onda injetada à rede não é perfeitamente senoidal, possibilitando a inserção de distorções ao sistema elétrico de potência.

Os inversores têm seus projetos concebidos com diferentes sistemas de conversão de energia e variadas opções de acoplamento com transformadores, podendo ser classificados quanto a critérios como: número de estágios de processamento de energia, localização dos capacitores de desacoplamento, presença de transformador de baixa ou alta frequência e pelo modelo de interface com a rede elétrica (URBANETZ; RUTHER, 2011). A Figura 5 ilustra um diagrama de representação simplificada de um inversor de frequência com transformador de baixa frequência de operação, análogo ao existente no Escritório Verde da UTFPR.

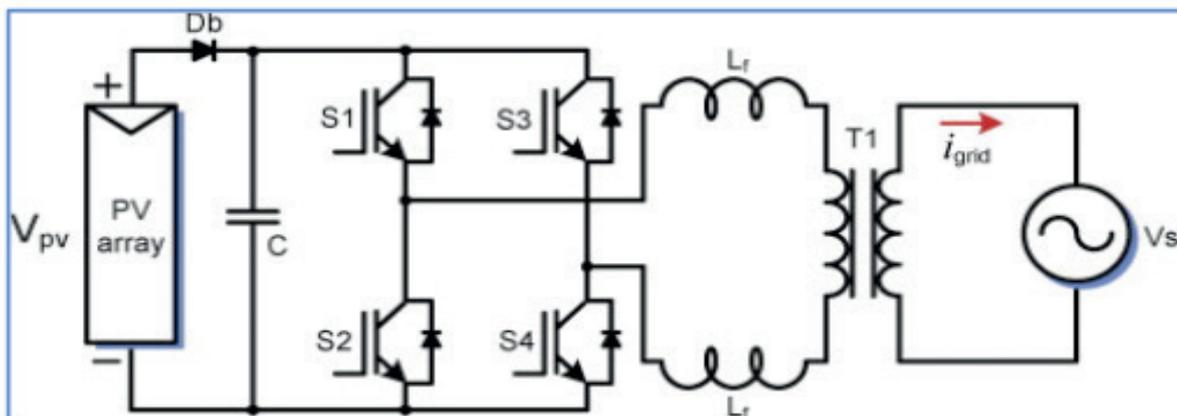


Figura 5 – Inversor com transformador de operação em baixa frequência.

Fonte: (GUZMAN et al., 2015).

2.2 Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica e Limites Determinados pela ANEEL

Os parâmetros de qualidade de energia destacados para este estudo, a partir do Módulo 8 do PRODIST, são os referentes à tensão em regime permanente, à variação de frequência, ao fator de potência e à distorção harmônica de tensão.

A verificação da tensão em regime permanente, segundo a normativa, é estabelecida através da classificação da tensão de operação em faixas adequada, precária e crítica, segundo percentuais relativos à tensão de referência do sistema, através de valores estabelecidos pelo PRODIST. Após o registro de 1008 leituras válidas de tensão em regime permanente ao longo de uma semana de avaliação, o número de transgressões dos valores de tensão, nas faixas precárias e crítica, e comparado a limites estabelecidos para cada faixa de tensão de operação do sistema (ANEEL, 2017). Para o sistema elétrico do EV, cuja faixa de tensão de operação é de 220/127 V, os valores de Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Precária (DRPM) é de 3%, enquanto para o índice de Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Crítica (DRCM) situa-se em 0,5%.

O fator de potência trata-se da relação direta entre a energia ativa e a energia aparente consumida ou produzida por determinado sistema. Segundo o Módulo 8 do PRODIST, para unidades consumidoras com tensão de regime em valor inferior a 230 kV, o fator de potência ideal deve se encontrar na faixa de 0,92 a 1,00 indutivo ou 1,00 indutivo a 0,92 capacitivo (ANEEL, 2017).

As distorções harmônicas são caracterizadas como fenômenos associados às deformações nas formas de onda de tensão e de corrente elétricas em relação à onda senoidal da frequência fundamental, referentes à energia elétrica produzida e distribuída pelas concessionárias de energia. Tais distorções são produzidas por cargas não-lineares. Ressalta-se que cargas trifásicas, por definição, não produzem harmônicos de ordem 3 e seus múltiplos (MEHL, 2012).

A 10ª Revisão do Módulo 8 do PRODIST trata somente da distorção harmônica de corrente, segmentando-a em indicadores relativos às distorções harmônicas totais para componente de ordem par (DTTP) e ímpar (DTTI) não múltiplas de 3, componentes múltiplas de 3 (DTT3) e distorção harmônica total de tensão (DTT). Todos os indicadores descritos são registrados a cada amostra ao longo de um período de uma semana e, ao final, o percentil 95% de cada classificação é registrada e comparada com os limites estabelecidos na norma (ANEEL, 2017). Os limites definidos pelo PRODIST são apresentados na Tabela 1.

Indicador	Tensão nominal		
	$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1,0 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
<i>DTT</i> _{95%}	10,0%	8,0%	5,0%
<i>DTT</i> _p 95%	2,5%	2,0%	1,0%
<i>DTT</i> _i 95%	7,5%	6,0%	4,0%
<i>DTT</i> ₃ 95%	6,5%	5,0%	3,0%

Tabela 1 – Limites de Distorção Harmônica estabelecidos pelo PRODIST, Módulo 8.

Fonte: (ANEEL, 2017).

A variação de frequência é um parâmetro de extrema importância quando se aborda a operação segura e contínua do sistema elétrico de potência. Fenômenos de variação de frequência da rede são resultados de desequilíbrios entre os níveis de potência de geração e demanda, muitas vezes ocasionados por elevada carga no sistema elétrico (MAIA, 2011).

Uma questão de fundamental importância para sistemas de geração trata-se da frequência em que a concessionária entrega sua energia, que é normatizada pela ANEEL. Esta normatização determina que os sistemas de distribuição e as instalações de geração conectadas aos mesmos devem estar regularizados em condições normais de operação em regime permanente, a operar dentro de um intervalo de frequência, que varia entre 59,9 Hz e 60,1 Hz.

Em casos de ocorrências de distúrbios no sistema elétrico, o Módulo 8 do PRODIST determina que a frequência retorne aos limites tolerados em um intervalo de trinta segundos após o evento, para a faixa de 59,5 Hz a 60,5 Hz, permitindo a readequação e a recuperação do equilíbrio carga-geração. A normativa também estabelece que, havendo necessidade de corte de geração ou de carga para a recuperação do equilíbrio, a frequência não deve exceder 66 Hz ou ser inferior a 55,6 Hz em condições extremas, pode se manter acima de 62 Hz por, no máximo, trinta segundos e acima de 63,5 Hz por, no máximo, dez segundos ou permanecer abaixo de 58,5 Hz por até dez segundos e abaixo de 57,5 Hz por até cinco segundos (ANEEL, 2017).

2.3 Critérios Estatísticos e Comparativo Meteorológico

O comparativo entre os indicadores de qualidade de energia registrados pelo analisador RE6000 e os dados climatológicos obtidos por meio de base de dados concedida pelo SIMEPAR, para dias relativos aos meses de setembro e outubro de 2019, foi realizado seguindo-se metodologias de avaliação estatística. A média aritmética foi obtida para as variáveis climatológicas de precipitação, irradiância global no plano horizontal, umidade relativa, temperatura média e velocidade do vento. Para os indicadores de qualidade de energia elétrica, foram obtidas a média aritmética, o desvio padrão e os indicadores conforme a definição do PRODIST para a tensão em regime permanente, variação de frequência, fator de potência e distorção harmônica de tensão e de corrente.

Além do procedimento exposto, o coeficiente de correlação de Pearson foi dimensionado entre as variáveis climatológicas e os índices de QEE registrados. Tal coeficiente é expresso conforme a Equação 1.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{Cov(X,Y)}{S_x S_y} \quad (1)$$

Na qual os termos x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos das variáveis a serem correlacionadas, enquanto \bar{x} e \bar{y} representam as médias aritméticas de ambas as variáveis. A Equação 2 define o cálculo do desvio padrão de determinada variável, expressa pelo termo x .

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

A Equação 3 expressa o cálculo da covariância, que define o grau de interdependência entre duas variáveis (x e y), mas que não possui valores limitados em escala, limites estes que são estabelecidos pelo coeficiente de Pearson. Variáveis aleatórias que possuem covariância nula são descritas como sendo descorrelacionadas. Variáveis independentes são intrinsecamente descorrelacionadas. No entanto, duas variáveis podem não ser independentes e, outrossim, serem descorrelacionadas.

$$S_y = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \right] \quad (3)$$

Alguns dos valores associados aos índices mais expressivos de correlação foram selecionados e expostos em forma de gráficos de dispersão, cuja linearização dos

resultados permite obter uma avaliação mais precisa do comportamento correlativo entre a qualidade de energia do sistema fotovoltaico conectado à rede e as variações climatológicas presentes.

3 | DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1 Qualidade de Energia Elétrica do Escritório Verde

O corrente estudo compreende a realização de três análises distintas de QEE entre os meses de setembro e outubro de 2019, de maneira que a primeira abrange o período entre 16 e 22 de setembro, a segunda abrange o período entre 25 de setembro e 01 de outubro e a terceira, o período entre os dias 02 e 08 de outubro.

A tensão em regime permanente do sistema foi coletada e classificada segundo os critérios do PRODIST em faixas adequada, precária e crítica de tensão. A Figura 6 ilustra o panorama da tensão de operação do sistema para a primeira semana de estudo.



Figura 6 – Panorama da tensão em regime permanente entre os dias 16 e 22 de setembro.

Fonte: autoria própria (2019).

Verificou-se, através dos dados coletados pelo analisador RE6000, que nenhum valor de tensão crítica fora registrado, resultando em um indicador de DRCM de 0,00% para as três semanas. Em relação à faixa precária, a DRPM dimensionada para a primeira, segunda e terceira semana foram de 0,28%, 2,19% e de 1,09%, respectivamente.

A frequência de operação do sistema elétrico do Escritório Verde fora monitorada segundo os critérios da seção 8.1 do PRODIST, e nenhum valor excedente aos limites

estabelecidos pela norma foi registrado. A Figura 8 apresenta o panorama de frequência de operação do sistema elétrico associado ao Escritório Verde para a primeira semana de estudo.

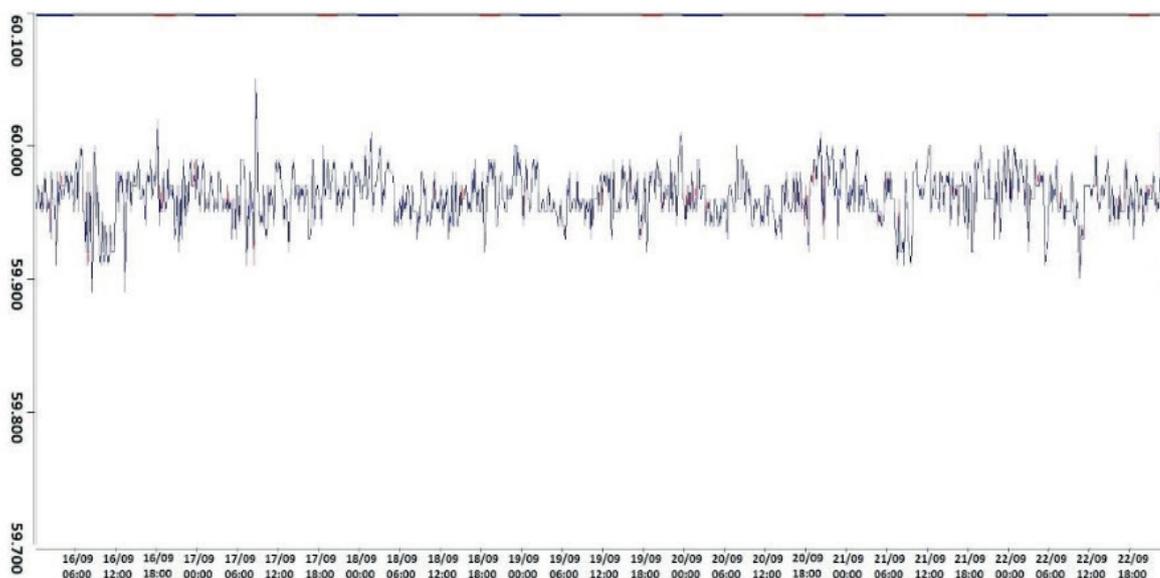


Figura 8 – Frequência de operação do sistema entre os dias 16 e 22 de setembro.

Fonte: autoria própria (2019).

O relatório diário emitido pelo software ANL6000, para os dias 21 e 22 de setembro, destacam os dias com pior qualidade de energia no aspecto de fator de potência, para a primeira semana de análise. Neste período, o único dia em que o fator de potência diário excedeu os limites do PRODIST fora no dia 21 de setembro, situando-se na faixa de 0,872 indutivo.

Para os indicadores de valores de QEE para distorções harmônicas de tensão, verificou-se que as amostras coletadas durante a primeira semana de análise não ultrapassaram os limites estabelecidos pelo módulo 8 do PRODIST. O gráfico da Figura 10 ilustra os valores de distorção harmônica total de tensão (DTT%) ao longo dos dias 16 a 22 de setembro de 2019, para as fases A e B do SFVCR do Escritório Verde.

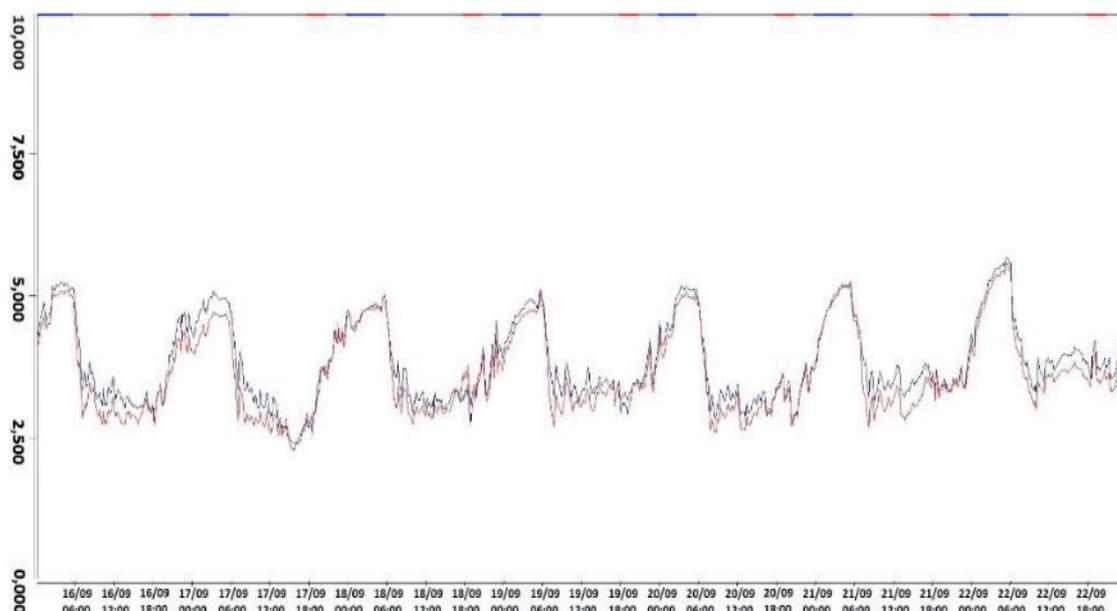


Figura 10 – DTT% de tensão do SFVCR entre os dias 16 e 22 de setembro.

Fonte: autoria própria (2019).

Analogamente aos resultados da primeira semana de análise, os demais intervalos de estudo não revelaram qualquer transgressão aos limites de distorção harmônica de tensão definidos pelo módulo 8 do PRODIST. A Tabela 2 apresenta os indicadores de distorção harmônica de tensão, definidos em percentil 95%, para as ordens ímpares e pares não múltiplas de 3 e para as ordens múltiplas de três, além da distorção harmônica total de tensão da instalação, para cada fase do sistema, ao longo das três semanas de análise.

	Primeira semana		Segunda semana		Terceira semana	
	Fase A	Fase B	Fase A	Fase B	Fase A	Fase B
<i>DTT</i> _{95%}	5,14%	5,04%	5,01%	4,84%	5,22%	5,01%
<i>DTT</i> _{195%}	5,07%	4,93%	4,94%	4,74%	5,14%	4,93%
<i>DTT</i> _{p95%}	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>DTT</i> _{395%}	1,76%	1,48%	1,73%	1,50%	1,44%	1,37%

Tabela 2 – Distorções Harmônicas de Tensão das Fases A e B.

Fonte: autoria própria (2019).

3.2 Comparativo Meteorológico

O coeficiente de correlação de Pearson foi dimensionado envolvendo as diferentes variáveis climatológicas e os registros realizados pelo analisador RE6000 em intervalos regulares de 10 minutos, para cada semana. Os resultados observados e aferidos após o término das aquisições revelaram valores substanciais de correlação entre as variáveis de irradiância no plano global horizontal e temperatura média

ambiente nos registros de qualidade de energia elétrica realizados. As variáveis de precipitação, umidade relativa e velocidade do vento não apresentaram valores apreciáveis e estáveis de correlação direta com a qualidade de energia ao longo das semanas de estudo, apesar de exercerem impacto indireto na temperatura ambiente e na irradiância que atinge a superfície terrestre. A Figura 11 ilustra o panorama geral de potência elétrica produzida pelo sistema fotovoltaico, injetada nas duas fases do Escritório Verde.

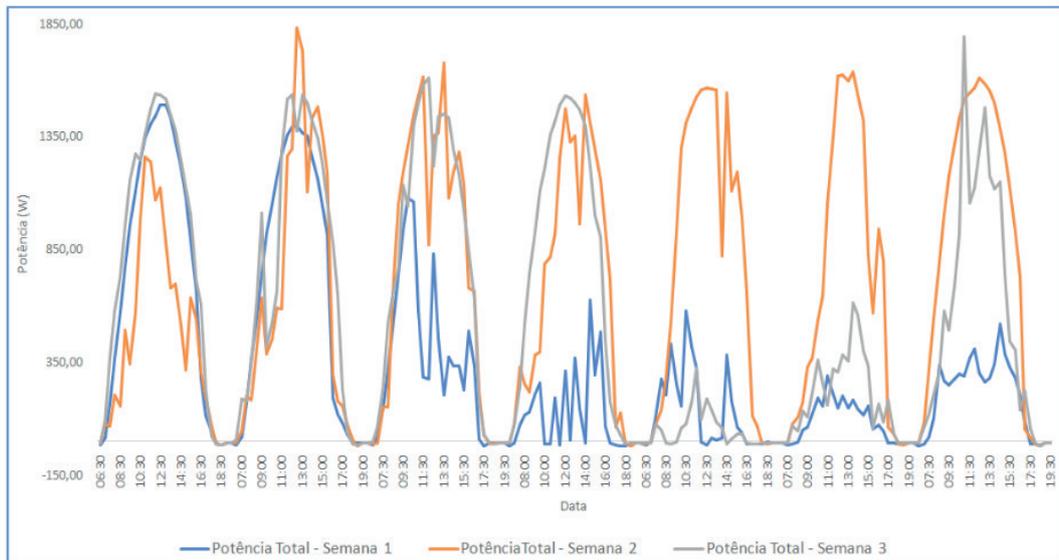


Figura 11 – Potência total produzida pelo sistema fotovoltaico do escritório verde.
Fonte: autoria própria (2019).

A Figura 12 ilustra a irradiância global no plano horizontal registrada pela estação meteorológica do SIMEPAR, localizada no município de Curitiba, para as três semanas envolvidas no estudo.

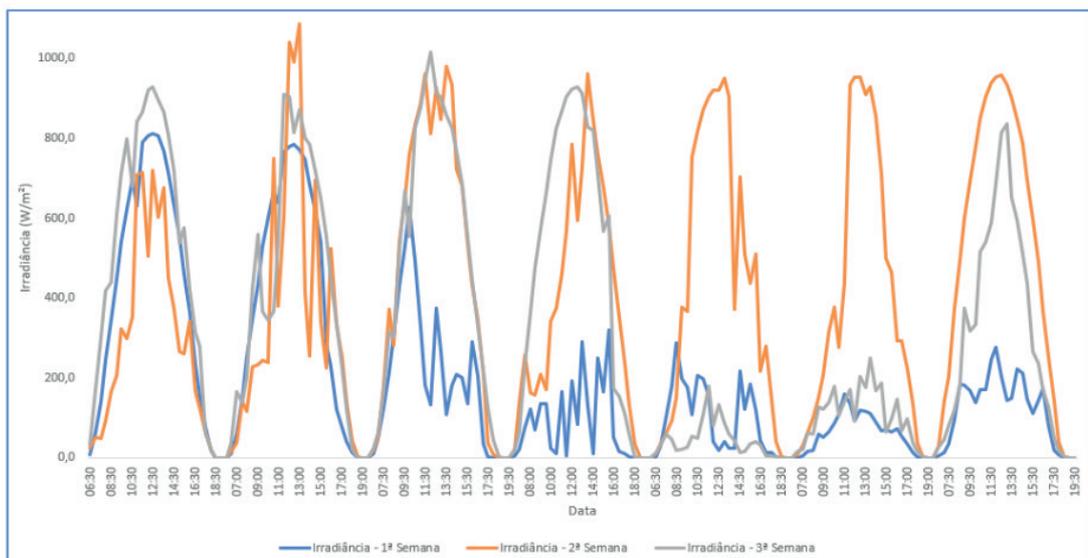


Figura 12 – Irradiância global no plano horizontal em Curitiba.
Fonte: autoria própria (2019).

Para estabelecer um grau comparativo entre os parâmetros analisados e as variáveis climatológicas, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre as informações, este coeficiente descreve o grau e o sentido da correlação entre duas variáveis de escala simétrica. Os valores do coeficiente possuem valores entre -1 e 1, sendo 1 uma correlação perfeitamente direta, -1 um coeficiente uma correlação perfeitamente inversa e 0 significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. A equação 1 descreve o cálculo do coeficiente.

Através da avaliação dos valores de correlação obtidos ao longo de estudo, a expressividade dos valores associados à irradiância e à temperatura média ambiente corroboram com um estudo mais aprofundado à tais indicadores. A Figura 13 ilustra o módulo dos coeficientes de Pearson para a variável climatológica de irradiância no plano global horizontal ao longo das três semanas de análise. Os indicadores de potência trifásica e de fator de potência trifásica remetem aos valores que consistem às duas fases do sistema elétrico do Escritório Verde da UTFPR.

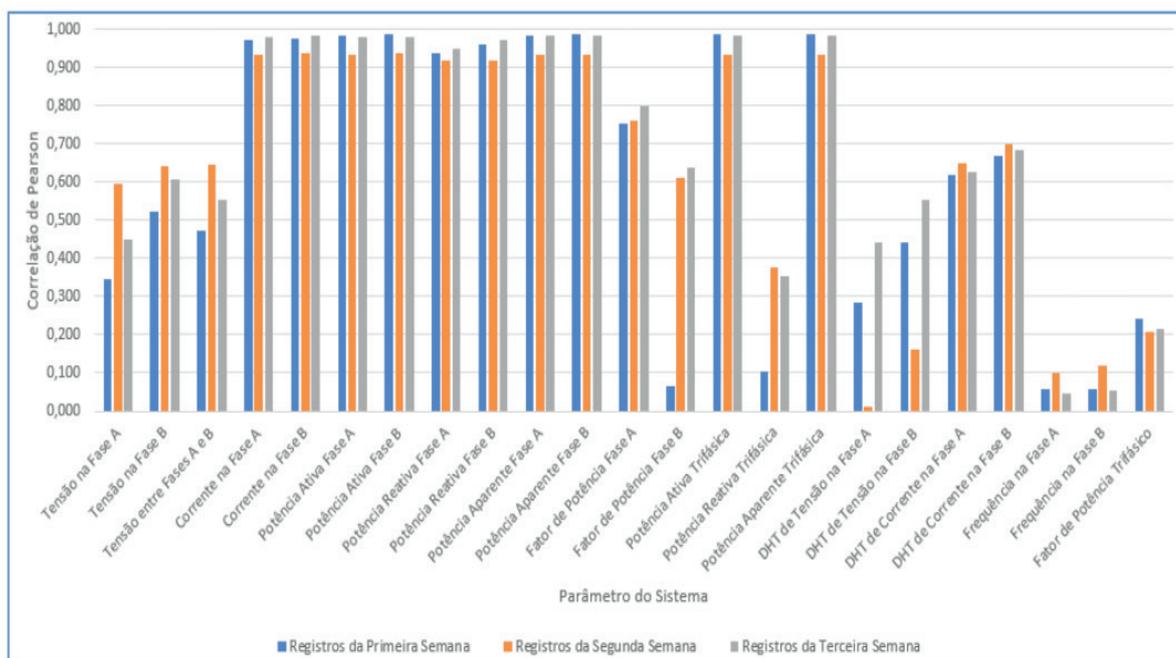


Figura 13 – Módulos dos Coeficientes de Pearson para a irradiância.

Fonte: autoria própria (2019).

Observa-se o impacto considerável da irradiância na distorção harmônica total (DHT) (*Total Harmonic Distortion*) de corrente em ambas as fases do sistema, que estão intrinsecamente relacionadas às potências, ativa e reativa produzidas ou consumidas pelo sistema fotovoltaico. A Figura 14 apresenta os módulos dos coeficientes de correlação de Pearson para a variável climatológica de temperatura média ambiente.

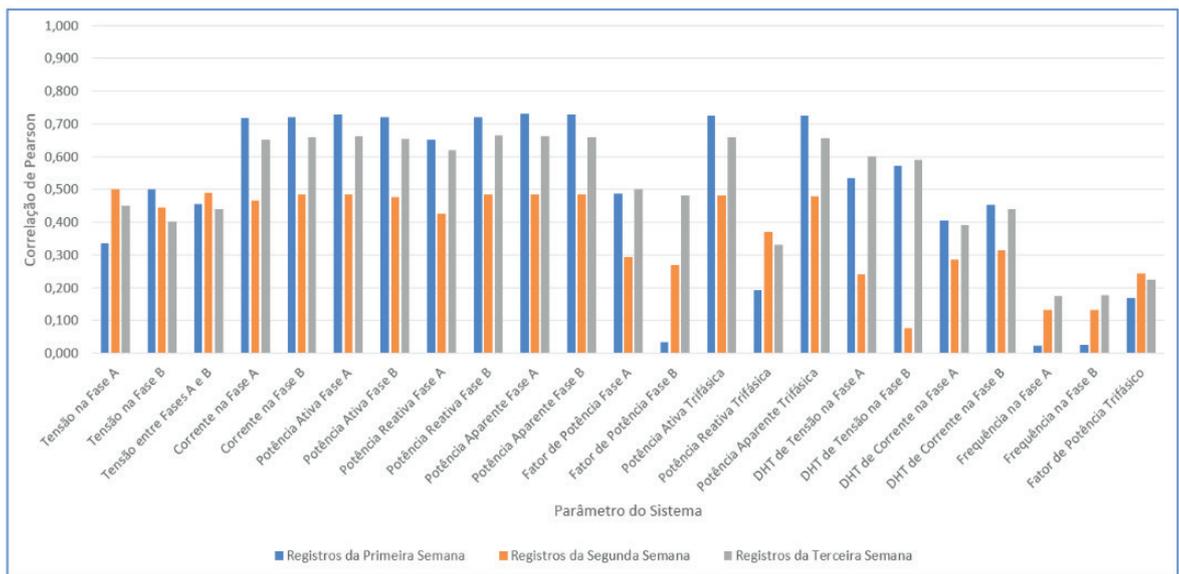


Figura 14 – Módulos dos Coeficientes de Pearson para a temperatura média ambiente.

Fonte: autoria própria (2019).

Conforme observável na Figura 14, a maioria dos indicadores de correlação de QEE com a temperatura média foram reduzidos quando em comparação à irradiância. No entanto, a distorção harmônica total de tensão apresentou incremento considerável para a primeira e para a terceira semana de análise.

A Figura 15 apresenta o panorama de distorção harmônica total de corrente na fase B do sistema elétrico do escritório verde ao longo do dia 27 de setembro de 2019, um dos dias de maior destaque na primeira semana de estudo em relação aos indicadores climatológicos. A correlação entre a distorção descrita e a irradiância é essencialmente inversa, de maneira que, nos momentos em que a geração se estabiliza, as componentes harmônicas produzidas pelo sistema em relação aos valores de frequência fundamental são significativamente reduzidas.

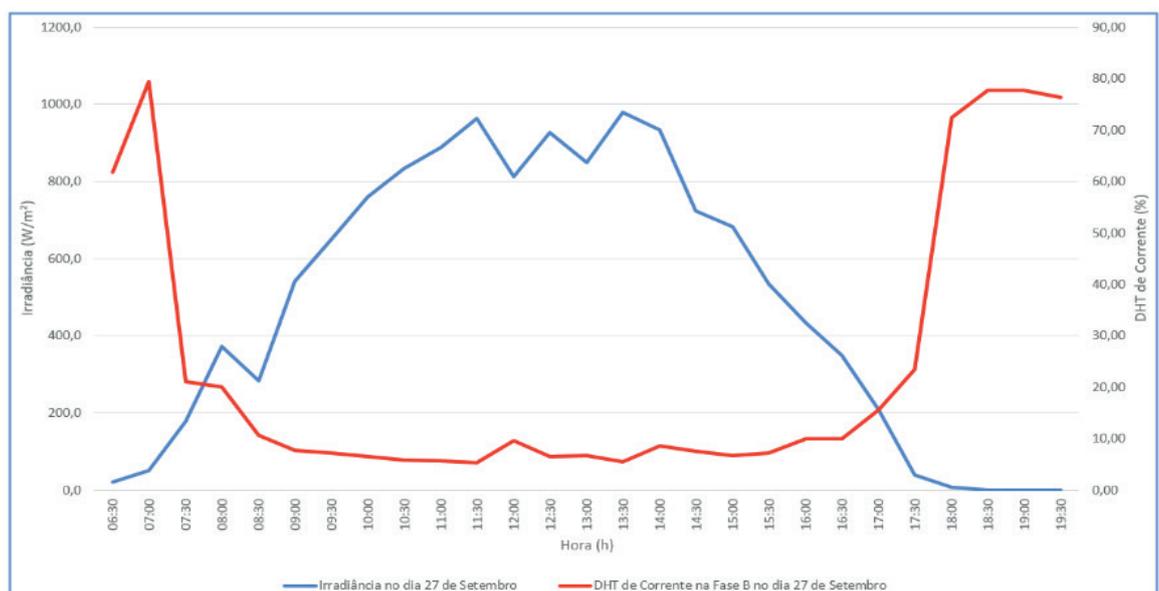


Figura 15 – Distorção harmônica total de corrente na fase B no dia 27 de setembro de 2019.

O gráfico ilustrado na Figura 16 apresenta a dispersão entre a corrente na fase A e a irradiância relativa à primeira semana de aferição, com vista ao aprofundamento da análise comparativa entre os indicadores.

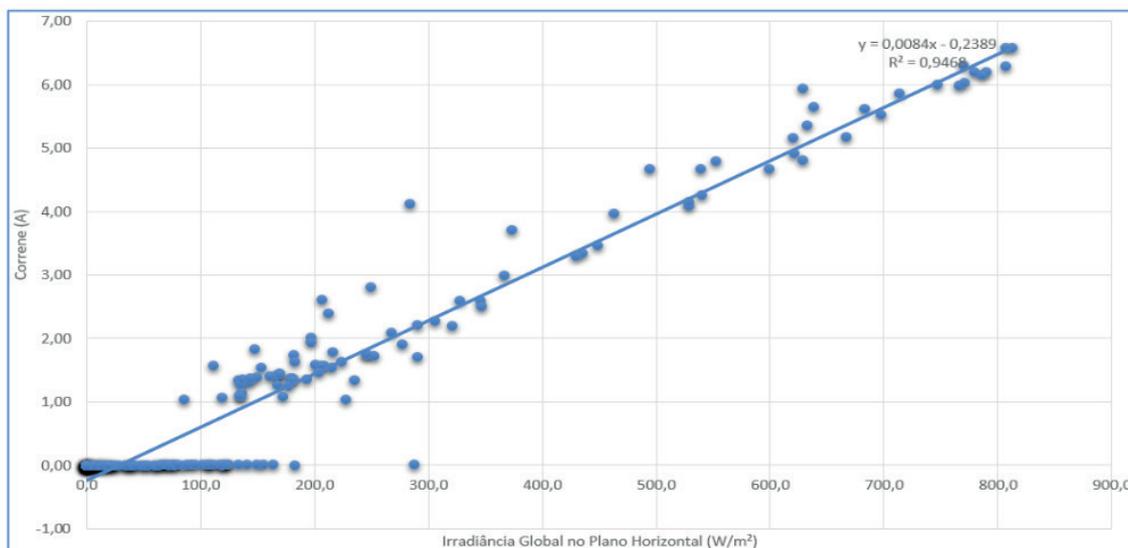


Figura 16 – Gráfico de dispersão entre a corrente na fase A e a irradiância global no plano horizontal.

Fonte: autoria própria (2019).

A Figura 17 ilustra a dispersão entre a corrente na fase B e a irradiância global no plano horizontal do município de Curitiba, para a primeira semana de estudo.

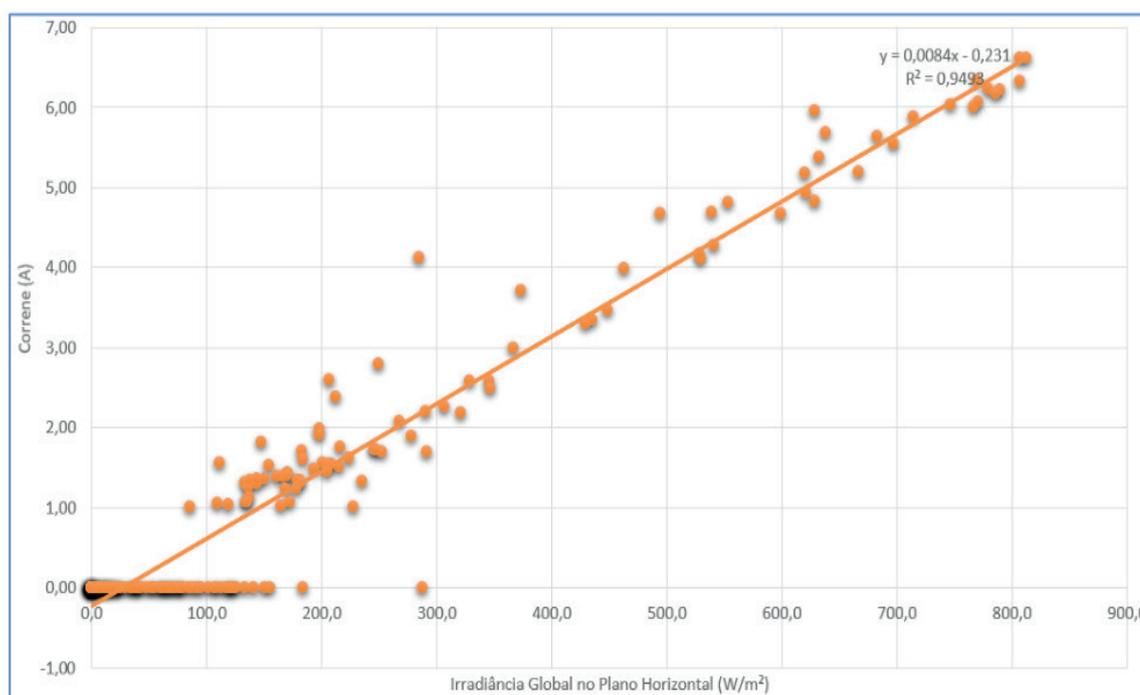


Figura 17 – Gráfico de dispersão entre a corrente na fase B e a irradiância global no plano horizontal.

Fonte: autoria própria (2019).

Em ambos os gráficos de dispersão nota-se o efeito da queda de produção de energia nos momentos em que a irradiância incidente é baixa. Em momentos em que a irradiância incidente torna-se mais expressiva, a produção de energia se estabiliza.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da descrição detalhada dos fenômenos observados por meio da análise dos resultados dos registros de qualidade de energia elétrica relativa ao Escritório Verde da UTFPR, verifica-se que não há transgressões significativas aos limites definidos pelo Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional da ANEEL, quanto às relações de tensão de operação em regime permanente, frequência de operação, distorção harmônica e fator de potência. Isto pode ser reafirmado pela análise de três semanas do perfil de operação da instalação elétrica do local.

Apesar dos parâmetros de QEE descritos neste estudo não serem impactados exclusivamente pelo sistema fotovoltaico conectado à rede do EV, as informações coletadas asseguram que não se observou impactos indesejáveis da operação do sistema no ponto de conexão com o sistema elétrico da concessionária da energia.

Como parte integrante do estudo, buscou-se aferir o grau de distorção ocasionada no sistema devido à intermitência meteorológica, considerando índices destacados em grau de importância considerando a bibliografia existente sobre o assunto. Para isso, os dados coletados pelo analisador e obtidos do SIMEPAR foram normalizados em periodicidade de 30 minutos entre cada registro, delimitados ao horário útil de operação do sistema fotovoltaico e, sequencialmente, a correlação matemática entre cada parâmetro foi obtida de maneira a se observar a interdependência entre elas de maneira nítida.

Concluiu-se, através da análise, que o impacto direto da precipitação e da umidade relativa sobre a qualidade de energia foi relativamente pequeno. O impacto da velocidade do vento na cidade de Curitiba foi desconsiderável, o que pode ser justificado pela localização do sistema fotovoltaico, na região central da cidade, onde, por conta da elevada densidade de construções, a velocidade do vento à altura dos módulos é severamente reduzida.

Em contrapartida, a temperatura ambiente e, em especial, a irradiância, apresentaram um grau considerável de correlação de Pearson com vários parâmetros do sistema. A Tabela 3 apresenta a correlação de Pearson entre a irradiância e alguns dos parâmetros mais afetados por ela.

Parâmetros	Primeira semana	Segunda semana	Terceira semana
V_A	0,346	0,597	0,450
V_B	0,522	0,643	0,607
FP_A	0,753	0,762	0,798
FP_B	-0,064	-0,611	-0,638
DHT_{V_A}	-0,285	-0,011	-0,442
DHT_{V_B}	-0,442	-0,160	-0,554
DHT_{I_A}	-0,620	-0,649	-0,626
DHT_{I_B}	-0,667	-0,698	-0,685

Tabela 3 – Correlação de Pearson entre a Irradiância e os parâmetros.

Fonte: Autoria própria (2019).

No que tange ao âmbito da geração distribuída e da comercialização de energia elétrica, são pertinentes os estudos de métodos com os quais as concessionárias de energia elétrica poderão implementar ou baratear o monitoramento e o controle da qualidade de energia elétrica no sistema elétrico de distribuição, especialmente no ambiente urbano onde, devido à popularização dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, o impacto da geração distribuída frente à geração centralizada poderá afetar substancialmente a qualidade da energia acessível às indústrias, domicílios e comércios.

5 | AUTORIZAÇÕES E RECONHECIMENTOS

O SIMEPAR, por meio de termo de compromisso assinado pelas partes interessadas e apresentado ao instituto, autorizou a publicação dos resultados obtidos por meio de análises pautadas em dados fornecidos pelo mesmo.

6 | AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Eloi Rufato Junior, por disponibilizar tempo e dedicação na orientação do tema e pelos conhecimentos e experiências repassadas nas temáticas envolvidas neste trabalho.

Ao corpo de profissionais do SIMEPAR, pela disposição ao nosso atendimento e pela prestatividade quanto ao fornecimento de dados climatológicos preciosos para o desfecho deste estudo.

Aos professores e pesquisadores do LABENS (Laboratório de Energia Solar da UTFPR), da UTFPR, por todas as informações aprendidas e pelos laços de

amizade formados durante o incansável trabalho de pesquisa na área de energia solar fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

- ABILIO, A. A.; SANCHES, R. S.; SALGADO, R. O. Limitações e potenciais energéticos. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e Instituto Federal Fluminense**. p. 139-150, 2010. Acesso em 09 de nov. 2018. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1807/985>>.
- ANEEL. **ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída**. 2015. Acesso em 27 mai. 2019. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicações/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955id>.
- ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST – Módulo 8. Revisão 10 – Resolução Normativa 794/2107**. 2017. Acesso em 27 de mai. 2019. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9>.
- BRASIL, G. do. **ENERGIA renovável representa mais de 42% da matriz energética brasileira**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/11/energia-renovavel-representa-mais-de-42-da-matriz-energetica-brasileira>>.
- BUHLER, A. J. **Determinação de parâmetros fotovoltaicos a partir de ensaios de curvas características sem iluminação**. 2007. 30 p. Disponível em: <<http://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10621/000598650.pdf>>.
- CARLETTE, L. P. **Comparação de algoritmos de máxima potência para carregamento de baterias em sistemas fotovoltaicos**. 2015. Disponível em: <<http://gesep.ufv.br/wp-content/uploads/Luan-2015.pdf>>.
- GUZMAN, G. V.; PANFILO, M. R.; SOSA-ZÚÑIGA, J. M. High efficiency single-phase transformer-less inverter for photovoltaic applications. **Ingeniería, Investigación y Tecnología**, 2015.
- MAIA, R. M. **Caracterização das Variações de Tensão de Curta Duração e seus Impactos em uma Planta da Indústria Alimentícia**. 2011.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), 2014. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>.
- REN21. **Renewable 2018: Global Status Report**. 2018. Acesso: 08 de out. 2018. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/178652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf>.
- TIEPOLO, G. M. **A Energia Solar e o Potencial Fotovoltaico do Estado do Paraná**. 2015. Acesso em 25 de mai. 2019. Disponível em: <<http://www.iep.org.br/iep/wp-content/uploads/2015/09/Energia-Solar-e-Potencial-Fotovoltaico-do-Estado-do-Paran%C3%A1-IEP.pdf>>.
- TIEPOLO, G. M.; JR, O. C.; JR, J. U.; VIANA, T.; PEREIRA, E. B. Comparação dentre o potencial de geração fotovoltaica no estado do Paraná com Alemanha, Itália e Espanha. **V Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Recife, 2014.
- TONIN, F. S. **Caracterização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**,

na cidade de Curitiba. 2017. 131 p. Disponível em: <<http://drive.google.com/file/d/0B9uCAMDD9bvbY1Q1a2E2amh6YWc/view>>.

URBANETZ, J.; RUTHER, R. **Qualidade de energia elétrica e o funcionamento de inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** 2011. Acesso em 27 de nov. 2019. Disponível em: <<http://labens.ct.utfpr.edu.br/wp-content/uploads/2016/06/URBANETZ-e-RUTHER-RBENS-2011.pdf>>.

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DE VIBRAÇÃO EM PROTÓTIPO DE VAGÃO DE MINÉRIO DE FERRO

Data de Submissão: 11/11/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Alexandre Luiz Amarante Mesquita

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia (ITEC)
Belém-Pará

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4780380H4>

Ítalo José Cunha Araújo

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE)
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/7017335507264655>

Elivelton André Oliveira da Trindade

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE)
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/4274718032748272>

Ronaldo Menezes dos Santos Junior

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE)
Tucuruí-Pará

<http://lattes.cnpq.br/0943671675170556>

RESUMO: Este trabalho descreve desenvolvimento do projeto de bancada de vibração em protótipo de vagão de minério

de ferro para avaliar o desempenho do filme polimérico, que recobre os vagões reais para evitar o desprendimento de poeira durante movimento. A bancada consiste em um protótipo de vagão suportado por molas que é excitado por micro motovibradores controlados por um inversor de frequência. Os sinais de vibração serão medidos por sistema de aquisição constituído de acelerômetro, analisador de sinais e software de processamento de sinais. O protótipo ficará situado dentro de uma seção de um túnel de vento para também avaliar a resistência do filme sob efeito combinados de vento e vibração

PALAVRAS-CHAVE: Controle de poeira, minério de ferro, vagão, vibração, filmes poliméricos.

DEVELOPMENT OF A VIBRATION BENCH TEST FOR IRON ORE WAGON PROTOTYPE

ABSTRACT: This paper describes the development of a vibration bench test for iron ore wagon prototype to evaluate the performance of polymeric films, which cover the actual wagons to avoid the dust spread during movement. The vibration bench test consists of wagon prototype supported by springs and driven by a micromotovibrator controlled by frequency inverter. Vibration signals will be measured by an acquisition system, which consists of

accelerometer, signal analyzer, and signal processing software. The prototype will be placed within a section of a wind tunnel to also assess the strength of the film under the combined effect of wind and vibration.

KEYWORDS: Dust control, iron ore, wagon, vibration, polymeric films.

1 | INTRODUÇÃO

A geração de poeira durante o transporte de minérios por ferrovia pode ter como consequências a poluição do ar, afetando as comunidades adjacentes ao traçado da ferrovia, a perda de minério, acarretando um aumento de custo e, se a deposição do minério fino ocorrer no próprio leito da ferrovia, pode causar a sua colmatação, acarretando em custos para recuperação do lastro, incluindo a interrupção do transporte para a execução desta manutenção. Uma maneira de conter a poeira no transporte ferroviário de minérios é uso de filmes poliméricos formados por meio de uma solução aquosa de polímeros que é pulverizada sobre a superfície do minério, formando assim, uma camada protetora (filme polimérico) contra a ação do vento.

Estão sendo desenvolvido no NDAE (Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia), em Tucuruí-PA, bancadas no intuito de avaliar a resistência desses filmes poliméricos devido às ações do movimento vibratório dos vagões e da força de arrasto aplicada pelo vento. Desta forma, este trabalho descreve o desenvolvimento de um projeto de bancada de vibração em protótipo de vagão de minério de ferro para simular o comportamento dinâmico dos vagões reais em operação. O sistema consiste em um motovibrador controlado por um inversor de frequência que induzirá as vibrações, similares às medidas em campo, no protótipo. Esse protótipo será suportado por molas helicoidais que permitam vibrações em vários graus de liberdade e estará inserido em um túnel de vento para também verificar a influência do vento nos modos de falhas dos filmes poliméricos.

As seções seguintes deste trabalho incluem a descrição do problema de geração de poeira e alguns meios de prevenção em mais detalhes, a descrição da bancada idealizada, o PM Canvas desenvolvido na fase de planejamento do projeto, os primeiros resultados da primeira entrega do projeto, e finalmente, as considerações finais deste trabalho.

2 | GERAÇÃO DE POEIRA DE MINÉRIO

O manuseio e o transporte de minérios geram um impacto muito grande no ambiente, propiciando a geração de poluição atmosférica, hídrica, entre outras. A poluição atmosférica é devido a grande quantidade de material particulado que é gerado e fica suspensa no ar. Isto ocorre porque praticamente todas as operações de movimentação, apresentadas anteriormente (descarga, transporte e armazenagem),

suspendem poeiras.

A poluição do ar ligada ao manuseio de minérios afeta diretamente a qualidade do ar, podendo atingir comunidades próximas, pois o particulado de minério é muito fino e viaja distâncias consideráveis pelo ar. Essa poluição atmosférica pode, então, gerar graves riscos à saúde, como problemas respiratórios tanto para os trabalhadores quanto para as comunidades que vivem próximo às instalações industriais. Fig.1 apresenta algumas das situações de manuseio em que a emissão de poeira é mais frequente.

Existem vários métodos para a supressão da emissão de pó, um deles é o uso de aditivos químicos, como os surfactantes, também chamados de tensoativos. Os surfactantes são compostos químicos que apresentam uma porção hidrofílica e uma porção hidrofóbica, com a capacidade de reduzir a tensão superficial da água provocando: redução do diâmetro da gota do spray; aumento no número de gotas para um dado volume de água e diminuição do ângulo de contato, na interface sólido/líquido/gás (SARTIM et al., 2015).

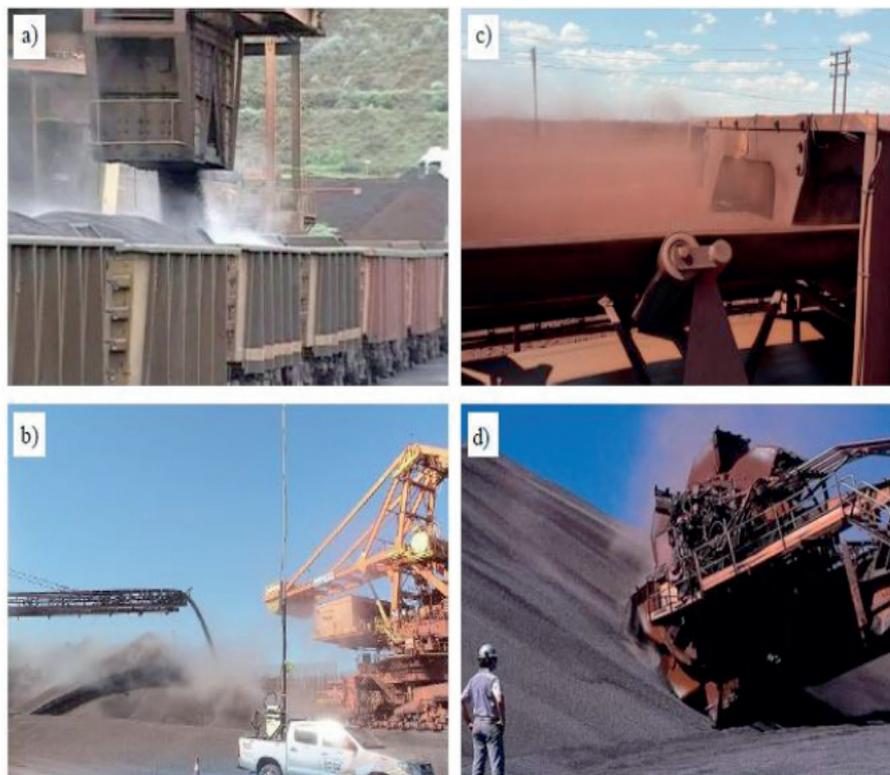


Figura 1: Emissão de poeira em operações com minérios. (a) carregamento de vagões (BARROS, 2008), (b) empilhamento (ECOSOFT, 2018), (c) saída do chute de transferência (DAS, 2018) (d) recuperação de pilha (EXAME, 2017).

Outro agente químico muito utilizado no controle de emissão de material particulado é a aplicação de polímeros, que age formando uma película que impede que partículas finas se desprendam do leito de minérios e sofram dispersão pelo ar, reduzindo a propagação de poeira no ambiente. No geral, uma solução aquosa de polímeros é pulverizada sobre a superfície do minério, formando assim, uma camada protetora (filme polimérico) contra a ação do vento. De acordo com Regattieri (2010),

o uso de supressores de pó, em soluções aquosas, aplicado através de aspersores localizados em diversos pontos da área de movimentação dos minérios, é um mecanismo viável para a redução das emissões atmosféricas, uma vez que evitam o levante de material particulado para a atmosfera e, portanto, mantém o ar mais limpo. A bancada de vibração será desenvolvida para avaliar a resistência desses filmes poliméricos ao movimento de vibração de vagões em conjunto com a ação do vento.

3 | BANCADA DE VIBRAÇÃO PARA ANÁLISE DE FILME POLIMÉRICO

No projeto será desenvolvido um protótipo de vagão com carga em um sistema vibratório para simular o comportamento dinâmico dos vagões reais em operação. O sistema será constituído por um excitador de vibrações (Fig. 2) que induzirá as vibrações (similares às medidas em campo) no protótipo. Esse protótipo será suportado por molas helicoidais que permitam vibrações em vários graus de liberdade.

Com as informações das vibrações medidas e das características geométricas e de material dos vagões será desenvolvido um modelo de elementos finitos desse sistema (HARAK et al., 2014). Da mesma forma que com as características mecânicas e geometria dos filmes poliméricos, será desenvolvido um modelo FEM do filme polimérico a ser incluído no modelo do vagão com a carga. Também será necessária a modelagem do protótipo (aparato instrumental a ser desenvolvido). Os modelos do sistema real e protótipo serão calibrados após os ensaios experimentais em aparato a ser construído.

Com o aparato experimental fabricado e montado serão realizados os testes junto com os filmes poliméricos e os resultados obtidos servirão para calibrar os modelos FEM desenvolvidos. O filme polimérico será fixado no aparato para experimentar as vibrações e assim ser possível analisar diferentes carregamentos e correspondentes modos de falhas nos filmes poliméricos. O protótipo do vagão será inserido dentro de uma seção de túnel de vento (Fig.3) para também verificar a influência do vento na resistência dos filmes poliméricos.

A Fig. 4 mostra o aparato instrumental que será usado na bancada: um inversor de frequência que controlará o motovibrador, um acelerômetro que captará a vibração do protótipo do vagão e este sinal de vibração será registrado e processado pelo analisador de sinais ADS 2000 conectado a um computador.

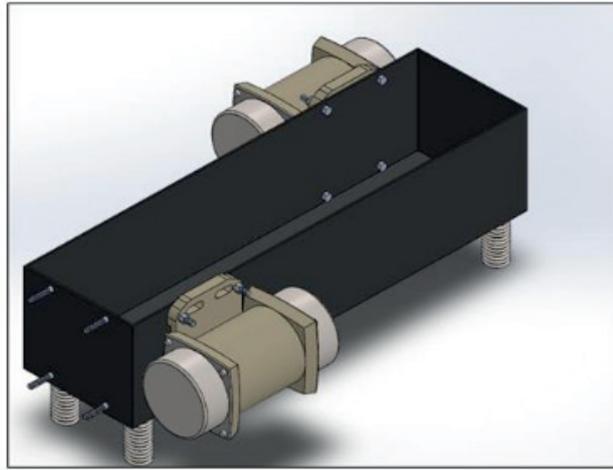


Figura 2: Ilustração do protótipo do vagão com excitadores e molas.

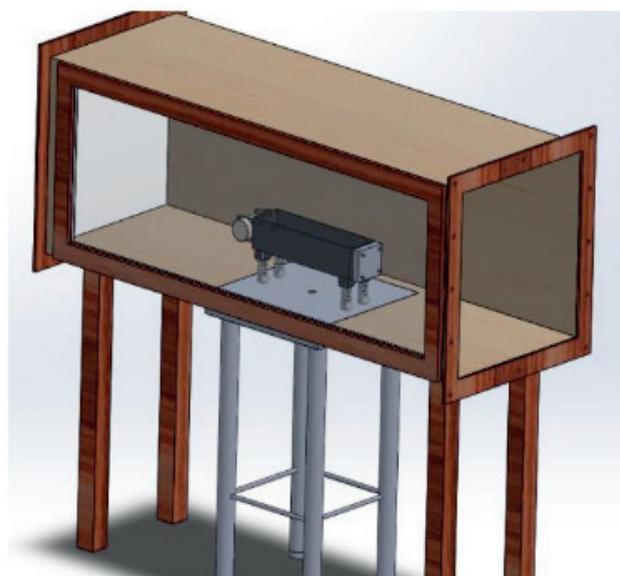


Figura 3: Esquema do protótipo do vagão inserido em seção do túnel de vento.



Figura 4: Esquema da instrumentação a ser utilizada na bancada.

4 | PM CANVAS DO PROJETO

Para o planejamento do projeto utilizou-se a ferramenta visual PM Canvas, desenvolvida por Finnochio Júnior (2013). O Project Model Canvas ou PM Canvas serve para auxiliar o gerente e a equipe de projeto no planejamento do projeto, de forma simples sem tanto muita burocracia encontrada em várias metodologias de gerenciamento de projeto.

O PM Canvas conta com 5 áreas, onde cada uma representa uma função de planejamento específica, agrupadas em blocos, que respondem 6 questões fundamentais: Por quê? O quê? Quem? Como? Quando e Quanto? (FINOCCHIO JÚNIOR, 2013). Cada área possui componentes, que representam conceitos clássicos de gerenciamento de projetos. O Project Model Canvas conta ao todo com 13 componentes ou blocos: justificativas, objetivos, benefícios, produtos, requisitos, stakeholders, equipe, premissas, grupo de entregas, restrições, riscos, linha do tempo e custo.

Maiores detalhes a respeito da metodologia PM Canvas podem ser encontrados nos livros de Finnochio Júnior (2013), Veras (2014) e em Mesquita et al. (2019). Para o presente projeto, o PM Canvas foi desenvolvido conforme mostra a Fig.5, onde os custos foram omitidos.

Após o desenvolvimento do PM Canvas, o planejamento pode ganhar um maior formalismo, podendo ser desdobrado em documentos mais detalhados para melhor execução do projeto, como por exemplo a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) e um Cronograma mais detalhado, como por exemplo, por meio do Diagrama de Gantt. Com um planejamento bem feito, aumentam-se as chances de sucesso do projeto. A Fig. 6 mostra a EAP do projeto mostrando as principais entregas (*deliverables*) e os pacotes de trabalho necessário para a conclusão de cada entrega.

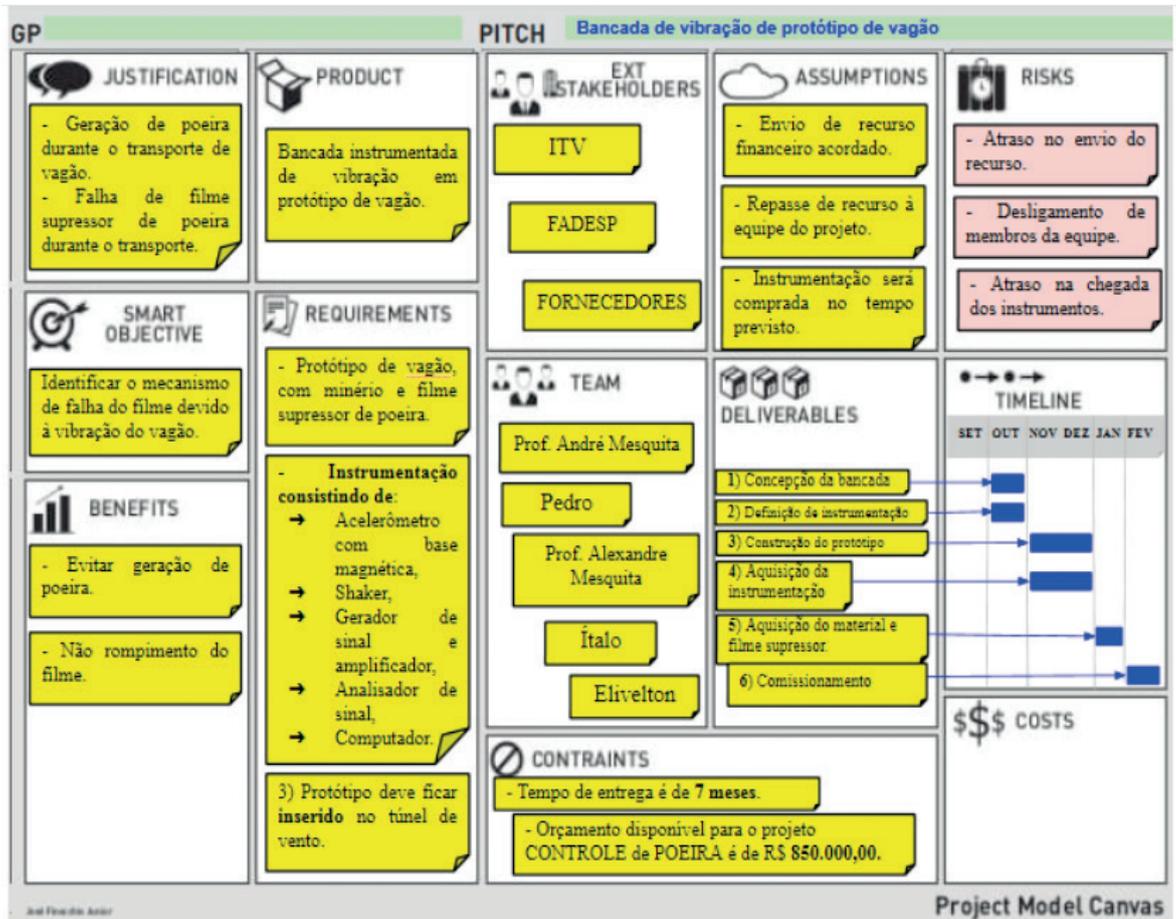


Figura 5: PM Canvas para o projeto de bancada de vibração em protótipo de vagão de minério.

Estrutura Analítica de Projetos (EAP) Bancada de vibração de protótipo de vagão

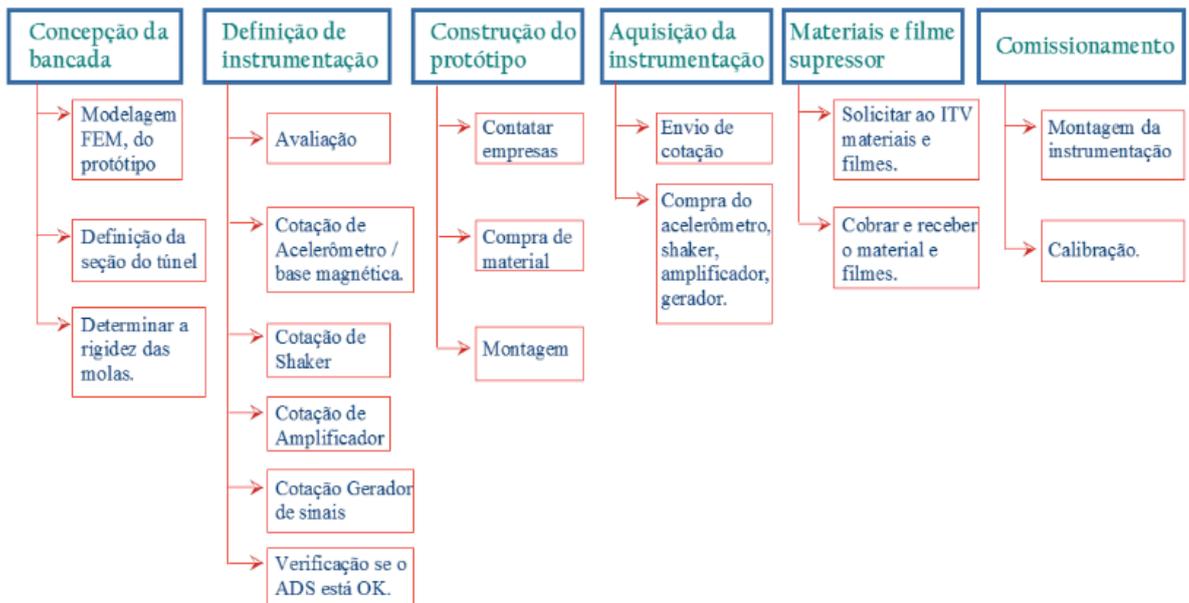


Figura 6: EAP do projeto mostrando as entregas e os pacotes de trabalho de cada entrega.

5 | RESULTADOS PRELIMINARES

Na fase atual do projeto já foram adquiridos toda a instrumentação, adaptação da seção do túnel de vento e fabricação do protótipo (faltando ainda a sua pintura), conforme mostra a Fig. 7. Portanto, o projeto se encontra na fase de montagem de todo o aparato instrumental para ser iniciados os ensaios de vibração no protótipo dentro do túnel de vento (túnel já existente nas dependências do NDAE (Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia – UFPA) em Tucuruí – ver Fig. 8).



Figura 7: Protótipo de vagão a ser usado nos ensaios de vibração.



Figura 8: Túnel de vento a ser usado nos ensaios de vibração.

Com a definição da geometria do protótipo do vagão, foram iniciadas as simulações numéricas por elementos finitos, conforme descrito na seção 3. Os resultados dos dois primeiros modos de vibração (ainda sem o minério) estão apresentados na Fig. 9.

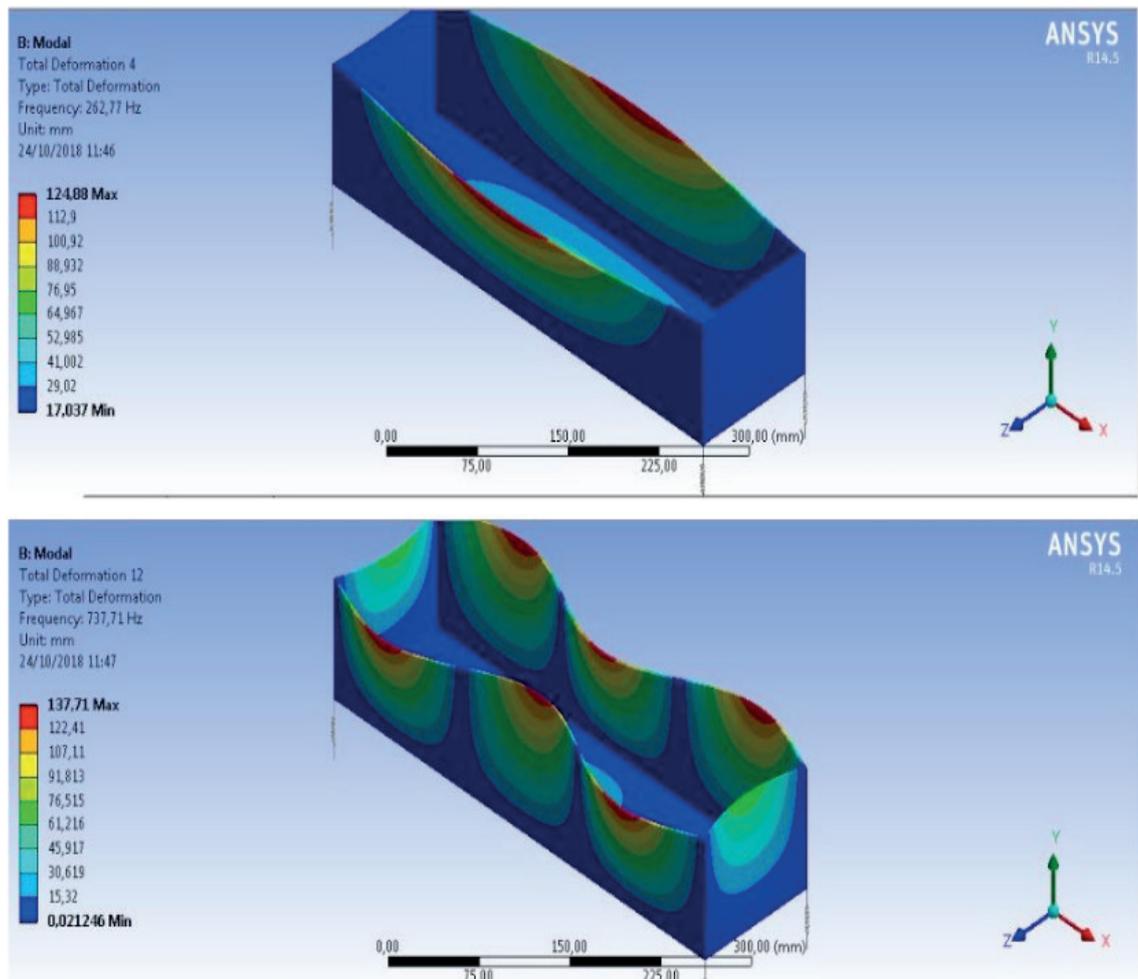


Figura 9: Dois primeiros modos de vibração do protótipo do vagão obtidos por elementos finitos.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou resultados do planejamento e estágio atual do desenvolvimento de uma bancada de vibração de protótipo de vagão de minério de ferro para avaliar a resistência de filmes poliméricos supressores de poeira de minério.

O desenvolvimento da bancada faz parte de um projeto de pesquisa maior para estudos de controle de poeira durante o transporte e manuseio de minérios. Esse projeto de pesquisa maior engloba a fabricação de várias outras bancadas que estão sendo desenvolvidas nas dependências do NDAE da UFPA no Campus da Cidade de Tucuruí-PA.

REFERÊNCIAS

BARROS, A.L.M. **Distribuição horária de lotes de vagões GDE para carregamento de minério na EFVM**. Curso de especialização de transportes ferroviário de carga. IME., 2008.

DUST A SIDE – DAS. **Dust Suppression Systems**. <https://dustaside.com.au/products/dust-suppression-systems/>, Acesso: 13/03/2018.

ECOSOFT. **Medição de emissão de material particulado em fontes difusas**. <http://www.ecosoft.com.br/home/monitoramento/?lang=en>, Acesso: 13/03/2018.

EXAME. **Senado recebe MP que cria Agência Nacional de Mineração**. 2017 <https://exame.abril.com.br/brasil/senado-recebe-mp-que-cria-agencia-nacional-de-mineracao/>, Acesso: 13/03/2018.

FINOCCHIO JÚNIOR, J. **Project Model Canvas: Gerenciamento de Projeto Sem Burocracia**, Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

HARAK, S.S., SHARMA, S.C., HARSHA, S.P. **Structural dynamic analysis of freight railway wagon using finite element method**, Procedia Materials Science, v.6, p.1891-1898, 2014.

MESQUITA, A.L.A.; PINHEIRO, K.A.; MENDONÇA, E.O. **PM Canvas aplicado no planejamento de projetos educacionais de engenharia**. Engenharias, Ciência e Tecnologia v. 6, Atena Editora, 2019.

REGATTIERI, A. **Estudo das práticas de preservação e controles ambientais da VALE – Porto de Tubarão**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Vitória, 71 p., 2010.

SARTIM, R.; GOMES, T.V.; SILVA, B.E.C; ROSI, T.A; BUSATTO, F.; CURVELLO JÚNIOR, C.M.D.; COSMO, P.C. **Estudo da aplicação da técnica de supressão de pó nas emissões secundárias de material particulado total da planta de sinterização da Arcelormittal Tubarão**, ABM Week, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2015.

VERAS, M. **Gerenciamento de projetos: Project Model Canvas (PMC)**, Ed. Brasport, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA BRS BELÉM, SOB A ÓTICA DOS USUÁRIOS

Data de submissão: 28/10/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Diego Ribeiro Pinto de Castro

Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em
Engenharia – NDAE
Tucuruí – PA

<http://lattes.cnpq.br/3047671399581337>

Jânio Luiz Marques Trindade Junior

Universidade Federal do Pará – UFPA
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2861262563939600>

Gabrieli Inácio dos Santos

Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em
Engenharia – NDAE
Tucuruí – PA

<http://lattes.cnpq.br/2473655150939937>

Christiane Lima Barbosa

Instituto de Tecnologia – UFPA
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2788231814858432>

RESUMO: A facilidade em adquirir automóveis particulares gerou diversos problemas nas grandes cidades, dentre eles os congestionamentos diários. Este trabalho buscou avaliar a opinião dos usuários acerca do sistema BRS Belém, assim como identificar os principais problemas existentes que interferem em sua eficiência. Para atingir estes objetivos,

foram utilizados formulário online, investigações práticas e registros fotográficos. Os resultados da identificação dos problemas mais recorrentes foram falta de fiscalização e carro parado nas faixas exclusivas. As investigações práticas classificaram todas as medições dos tempos de viagem via BRS como Bom, segundo Ferraz e Torres (2004). Em relação ao questionário, já pode-se notar um impacto positivo na mobilidade dos coletivos, mesmo que o escalonamento das paradas, a racionalização das linhas de ônibus e o sistema de informações aos usuários ainda não tenham sido implementados em Belém. Portanto, é importante o incentivo da sociedade a iniciativas em favor da inversão do quadro de priorização do transporte individual em detrimento do coletivo, em prol da mobilidade urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Transporte público, Sistema BRS, Qualidade de Serviço, NDAE.

QUALI-QUANTITATIVE EVALUATION OF EFFICIENCY IN BRS BELÉM, UNDER THE USER'S OPTICS

ABSTRACT: The facility of acquiring private automobiles has caused many problems in large cities, including daily congestion. This paper sought to evaluate the users' opinions about the system mentioned above, as well as to identify the main problems that interfere in its efficiency.

To achieve these objectives, online form, investigations and photographic records were used. The most recurring results of identifying operation problems were lack of supervision and cars stopped in the exclusive lanes. The investigations classified all measurements of travel times by BRS as Good, according to Ferraz and Torres (2004). Regarding the questionnaire, it can be noticed a positive impact on the mobility of collective transports, even though the scheduling of bus stops, the rationalization of bus lines and a user information system have not yet been implemented in Belém. Thus, it is important to incentive society to initiatives to reverse the prioritization of individual transport to the prejudice of the collective, in favor of urban mobility.

KEYWORDS: Public Transport, BRS System, Service Quality, NDAE.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte é um direito social do cidadão assegurado pela Constituição Federal e influencia diretamente a qualidade de vida da população, uma vez que as atividades comerciais, industriais, educacionais e recreativas somente são possíveis com o deslocamento de pessoas e produtos. No Brasil cerca de 85% da população vive em área urbana, o que corresponde a 185 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Neste sentido, proporcionar um transporte adequado e de qualidade é uma preocupação constante em todos os países, visto que a maioria da população vive no espaço urbano (FERRAZ; TORRES, 2004).

O surgimento do automóvel e suas facilidades de aquisição e de deslocamento facilitou a disseminação do transporte individual, em especial, em ambientes urbanos. Por ser flexível e possibilitar uma nova divisão entre o Poder Público e a iniciativa privada, o transporte rodoviário foi o grande centro das atenções e recebeu boa parte dos investimentos para expansão das vias no país (ARAGÃO et al., 2001).

Neste contexto, a centralização das atividades comerciais nos centros urbanos levou à supervalorização dos terrenos, deslocando a população de baixa renda para regiões mais afastadas, favelas e ocupações irregulares. Os trajetos diários tornam-se cada vez mais longos, comprometendo a mobilidade nas cidades brasileiras. A situação atingiu níveis alarmantes a ponto da velocidade de deslocamento de um automóvel em muitas cidades ser inferior à operada pelos bondes no passado, aproximadamente 15 km/h (FERRAZ; TORRES, 2004). Segundo pesquisa realizada pelo instituto estadunidense INRIX, especialista em transporte urbano, a população de Belém gastou em média 55 horas em congestionamentos em 2017, contabilizando apenas os dias úteis deste ano (INRIX, 2017).

De certo, o incentivo ao transporte individual em detrimento do coletivo contribuiu para que cidades brasileiras se tornassem uma das mais congestionadas do mundo, como mostra o estudo do instituto INRIX. Segundo o mesmo, São Paulo conquistou a quarta colocação dentre as cidades mais engarrafadas do mundo, enquanto que Belém está na 25ª colocação (INRIX, 2017). Para fins de comparação, um ônibus

é capaz de levar 72 pessoas, ocupando apenas 30 m² de via, enquanto que essa mesma quantidade de pessoas é transportada, em média, por 60 carros ocupando 1000m² (BERTUCCI, 2011).

Além do congestionamento, os autores Ferraz e Torres (2004) citam outras adversidades menos perceptíveis pelos usuários, como: a necessidade de grandes investimentos públicos na expansão e manutenção da infraestrutura viária; poluição atmosférica associada ao consumo intenso de combustíveis fósseis; aumento no número de acidentes; e desumanização da cidade devido à expansão de obras viárias em detrimento de áreas culturais e de lazer.

Apesar de todas as lacunas existentes na prestação do serviço de transporte público, o uso deste é a solução urgente para a mitigação dos problemas de mobilidade urbana enfrentados pelos brasileiros, pois propicia a interligação a baixo custo entre as diversas regiões das cidades, a população se locomove em busca de seu interesse pessoal além de possuir importâncias no âmbito social, econômica e ambiental. No que diz respeito à esfera social, trata-se de um serviço que democratiza a mobilidade, e para as questões econômicas e ambientais, contribui para a redução de congestionamentos nos grandes centros urbanos, minora os níveis de poluição, além de minimizar o uso indiscriminado de energia automotiva e a necessidade de construções de vias e estacionamentos (ARAÚJO, 2011).

O corredor exclusivo ou preferencial para a circulação de ônibus é uma medida amplamente utilizada em todo o mundo. Cerca de 32 milhões de passageiros utilizam diariamente o *Bus Rapid Transit* - BRT (Transporte Rápido por Ônibus) (BRTData, 2018). Este sistema foi idealizado pelo arquiteto e urbanista brasileiro Jaime Lerner e consiste em faixas exclusivas para o tráfego de ônibus elevadas, subterrâneas ou em nível, aliadas às estações de embarque niveladas que permitem o pagamento antecipado das tarifas, um rápido embarque e redução do tempo de espera nas paradas, resultando em viagens mais rápidas e confortáveis (ALMEIDA; FREIRE; RIBEIRO; 2015).

Idealizado semelhante ao BRT e em conformidade ao Plano Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), surge o *Bus Rapid Service* - BRS (Ônibus de Serviço Rápido) com a proposta de priorizar os ônibus nas vias, porém com um curto prazo de implantação e sem grandes investimentos em infraestrutura viária, pois caracteriza-se principalmente por reservar faixas preferenciais de uma via já existente para o tráfego exclusivo de ônibus (AYURE, 2014).

Além disso, a devida sinalização vertical e horizontal, a comunicação com os usuários e a fiscalização eletrônica são prerrogativas necessárias para um sistema eficiente. Os propósitos do sistema BRS estão pautados essencialmente em aumentar a velocidade operacional dos ônibus, otimizar o fluxo nas vias, atrair a demanda e impactar positivamente na mobilidade da cidade (NTU, 2012).

Assim, em novembro de 2017 houve a implementação do projeto piloto BRS Belém, sistema que beneficia os corredores de tráfego Av. Governador José Malcher,

Av. Conselheiro Furtado e Tv. Francisco Caldeira Castelo Branco. Atualmente, o sistema possui a destinação de uma faixa à direita em cada via para a circulação exclusiva de ônibus, sendo permitido o uso por veículos particulares para acesso à imóveis e conversões à direita; a devida sinalização horizontal e vertical; e fiscalização eletrônica para velocidade máxima permitida e o uso indevido da faixa por parte dos automóveis. O BRS José Malcher contempla 44 linhas de ônibus, o BRS Castelo Branco abrange 23 linhas e o BRS Conselheiro Furtado favorece 20 linhas.

Portanto, este trabalho busca avaliar a eficiência operacional do sistema BRS Belém em atingir seus objetivos propostos a partir da ótica dos usuários e, por meio de investigações práticas realizadas pelos autores, classificar o tempo de viagem nos corredores BRS, segundo parâmetros sugeridos por Ferraz e Torres (2004). Além disso, identificar quais os principais aspectos que devem ser priorizados pelos gestores públicos para que o transporte público belenense atenda satisfatoriamente aos seus usuários e atraia novos adeptos, contribuindo assim para um menor número de veículos nas vias.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Bus Rapid Service* (BRS)

A concepção de corredores de transportes coletivos iniciou em Curitiba, com diversos estudos realizados nas décadas de 50 e 60. Em São Paulo, no ano de 1974, diversas vias receberam tratamento para comportar vias exclusivas de ônibus. Seguindo o modelo que funcionou na capital paranaense, outras cidades brasileiras também adotaram tais medidas, como Porto Alegre, Goiânia e Recife (BRANCO, 2011).

Em virtude da Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016, a cidade do Rio de Janeiro investiu na implantação de corredores preferenciais de ônibus a partir de 2011, conhecidos como *Bus Rapid Service* (BRS) (FETRANSPOR, 2013). Esse sistema é uma das ações mais baratas e eficazes para combater os problemas de mobilidade nas grandes cidades. Caracteriza-se não apenas pela adoção de faixas preferenciais, mas também por um conjunto de medidas como: racionalização das linhas, escalonamento dos pontos de parada, fiscalização eletrônica, um eficaz sistema de informação ao usuário e regras que permitem a entrada de veículos individuais nas faixas sem perder a eficiência (AYURE, 2014).

Esse sistema tem como principais objetivos: melhorar a velocidade operacional do transporte público; permitir fluidez na circulação viária para os ônibus, reduzir o consumo de combustível e emissão de poluentes. Para alcançar tais objetivos, deve-se fazer um estudo detalhado da área a ser impactada, analisar a oferta de linhas e ocupação do veículo, realizar treinamento com operadores, campanha de marketing e comunicação à população (FETRANSPOR, 2013).

De acordo com o Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (2014), no Brasil existem, atualmente, 30 cidades contempladas com o sistema BRS e 104 projetos de implantação. Do total, 81 corredores estão em operação, 20 previstos e 3 em obras. Entre os já consolidados, destaca-se a cidade do Rio de Janeiro, em que 53% das opiniões dos usuários apontaram melhorias, após a implantação do BRS, na qualidade do transporte no bairro de Copacabana. Além disso, houveram reduções em tempos de viagens do BRS Copacabana (50%), BRS Presidente Antônio Carlos e Primeiro de Março (50%), BRS Rio Branco (43%), BRS Presidente Vargas (20%) e BRS Ipanema Leblon (10%) (NTU, 2012).

Estudos comparativos realizados nos anos de 2014 e 2016 também convergem para impactos positivos do sistema BRS no tráfego paulistano. Freire (2017) estudou os benefícios resultantes do sistema, questionando diversos atores do transporte, como usuários de ônibus, de carro particular, motoristas dos coletivos, taxistas e motociclistas, a fim de avaliar os pontos positivos, negativos e as inter-relações entre os modos a partir de diferentes óticas. A autora obteve resultados representativos da opinião população do município de São Paulo. Em suma, Freire (2017) compara seus resultados da pesquisa de 2014 para com a de 2016, conforme consta na Tabela 1.

	Resultados Freire (2017)	
	2014	2016
Aprovação da população sobre implantação de faixas e corredores exclusivo	93,5%	94,0%
O tempo de viagem diminuiu	84,5%	88,2%
A viagem ficou menos estressante	64,7%	88,3%
Utilizo mais o ônibus com a implantação das faixas exclusivas	71,0%	72,3%
Com as faixas e corredores, consigo prever melhor o horário de chegada	69,4%	74,5%
Há muito tempo de espera nos pontos e plataformas	60,7%	47,1%
Os ônibus continuam lotados	91,2%	81,0%

Tabela 1. Comparativo entre as pesquisas de Freire (2017) em 2014 e 2016

Além disso, 24,3% dos respondentes de 2016 migraram de algum modal para o ônibus, sendo 48,2% destes oriundos do carro particular, 32,6% do metrô, 15,8% do trem e os 3,4% restantes se dividem em motocicletas, bicicletas e a pé.

2.2 Qualidade no transporte público

Uma viagem realizada por ônibus urbano não consiste somente pelos momentos em que o passageiro está dentro do coletivo. A caminhada até o ponto de parada, a espera pela condução, a viagem propriamente dita e a segunda caminhada até o destino final são etapas de uma viagem típica efetuada por um modal de transporte público. Portanto, diversos fatores externos ao veículo, como acessibilidade, segurança e confiabilidade, influenciam na opinião dos usuários sobre transporte público de qualidade.

Entretanto, o transporte coletivo não sobrevive somente com os seus usuários.

Para que haja o sistema de transporte público, precisa existir quem invista no ramo, quem dirija os ônibus, quem fiscalize e regularmente o trânsito e quem precisa dele para se locomover. Desta forma, fica evidente que, para a qualidade no transporte público ser alcançada, faz-se necessário um equilíbrio global de satisfação por parte de todos os atores envolvidos: usuários, trabalhadores, comunidade e empresários (FERRAZ; TORRES, 2004).

Neste contexto, os benefícios gerados pelo sistema BRS para a qualidade no transporte público urbano tange todas as esferas envolvidas no processo. Para os usuários, viagens mais rápidas, maior confiabilidade, maior preocupação com o repasse de informações (linhas que param naquela parada, horários prováveis de cada linha etc.) são fatores importantes. Para os trabalhadores, o BRS proporciona viagens menos estressantes, menores engarrafamentos, menores chances de acidentes, melhor saúde mental do trabalhador. Já para os empresários, uma racionalização de operação, um sistema mais eficiente, redução do número de viagens, maior média de ocupação por ônibus, trabalhadores mais saudáveis mentalmente e, por fim, a comunidade beneficia-se de menor poluição visual, sonora e atmosférica, um tráfego mais organizado, terminais e pontos de parada com maior movimento e impacto positivo na mobilidade urbana da região (NTU, 2012; FERRAZ; TORRES, 2004).

3 | METODOLOGIA

A coleta de dados foi realizada por meio de registros fotográficos para a documentação e identificação dos atuais problemas que afetam a operação adequada do sistema *Bus Rapid Service* (BRS) de Belém, além da aplicação de um formulário eletrônico por meio da plataforma *Google Forms*, composto por 14 (quatorze) perguntas de múltipla escolha e 3 (três) no formato “caixa de seleção” (possibilita a seleção de 2 ou mais respostas), subdividido em 6 (seis) seções, sendo uma exclusiva para os usuários de transporte coletivo que trafegam nas vias que possuem o sistema BRS. O período de aplicação do questionário online foi de 02 de abril de 2018 à 02 de maio de 2018, totalizando 443 respostas. O modelo do questionário foi anexado ao trabalho.

Ferraz e Torres (2004) propuseram atributos para avaliação de diversos fatores da qualidade do transporte público, dentre eles, o tempo de viagem considerado bom, regular ou ruim. Valores de referência para a relação entre o tempo de viagem por ônibus e por carro definidos pelos autores são apresentados na Tabela 2.

Fatores	Parâmetro de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Tempo de viagem	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e por carro	<1,5	1,5-2,5	>2,5

Tabela 2. Valores de referência para avaliação do tempo de viagem

Foram executadas investigações práticas nos corredores do BRS Belém a fim de avaliar a eficiência do tempo de viagem por ônibus em comparação às viagens por carro. Realizaram-se três medições por corredor BRS de forma simultânea utilizando carro e linhas de ônibus escolhidas aleatoriamente em três horários distintos dos dias 29 e 30 de maio de 2018, totalizando nove medições.

Os trajetos estudados foram as extensões completas dos sistemas, da interseção entre a Tv. Fran. C. Castelo Branco e a Av. Gov. José Malcher até a interseção entre a Av. Conselheiro Furtado e a Tv. Padre Eutíquio para o BRS Castelo e BRS Conselheiro, e desde o cruzamento da Av. José Bonifácio com a Av. Gov. José Malcher até o encontro entre a Av. Gov. José Malcher e a Av. Visconde de Souza Franco para o BRS José Malcher.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação dos problemas que prejudicam a operação

Por meio das investigações in loco foram constatados os principais problemas que afetam a operação adequada do sistema e causam prejuízo na mobilidade urbana das vias contempladas pelo sistema BRS Belém: a) carro parado/estacionado nas faixas exclusivas, b) motocicletas, c) ciclistas e d) veículos de tração humana (“carrinho de mão”) trafegando indevidamente pelos corredores exclusivos, e) problemas estruturais das vias e f) falta de fiscalização das demais irregularidades não captadas pela fiscalização eletrônica, como mostra a Figura 1.



Figura 1. Problemas recorrentes no Sistema BRS Belém



Figura 2. Fila de ônibus no BRS José Malcher

Além dos problemas citados, verificou-se a formação de filas de coletivos em pontos de parada muito movimentadas, conforme consta na Figura 2. Esta situação possui grande efeito negativo no fluxo dos ônibus, visto que os mesmos são impedidos de trocar de faixa pela sinalização do BRS e, para evitar as filas, alguns motoristas trafegam fora dos corredores exclusivos, transferindo assim o prejuízo na mobilidade para os veículos particulares, além de possivelmente “queimar” paradas e/ou realizar desembarques inseguros de usuários. As formações de filas de coletivo podem ser evitadas com a devida racionalização das linhas e escalonamento das paradas de ônibus.

4.2 Investigações práticas do tempo de viagem

Com o intuito de classificar o parâmetro tempo de viagem segundo valores de referência de Ferraz e Torres (2004) para os deslocamentos realizados dentro do sistema BRS Belém, foram realizadas viagens simultâneas em carro e em linhas de ônibus favorecidas pelos corredores exclusivos. Os resultados das aferições foram condensados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Data: 29/05/18	Linhas	BRS Tv. Fr. C. Castelo Branco		Índices T.V.
		Carro	Ônibus	
Medição 1 (07:26h)	Águas Lindas-Pátio Belém	00:04:28	00:04:27	0,99
Medição 2 (08:15h)	Marituba-Pátio Belém	00:03:14	00:04:26	1,37
Medição 3 (09:08h)	Marex-Felipe Patroni	00:04:05	00:04:19	1,06
Média				1,14

Tabela 3. Medições do tempo de viagem realizadas no BRS Castelo Branco

BRS Av. Conselheiro Furtado		Índices T.V.	TOTAL CASTELO-CONSELHEIRO		Índices Geral T.V.
Carro	Ônibus		Carro	Ônibus	
00:14:40	00:10:47	0,74	00:19:08	00:15:14	0,80
00:09:34	00:09:32	1,00	00:12:48	00:13:58	1,09
00:09:19	00:09:10	0,98	00:13:24	00:13:29	1,01
Média		0,91			0,96

Tabela 4. Medições do tempo de viagem realizadas no BRS Conselheiro Furtado e corredor Castelo-Conselheiro

Data: 30/05/18	Linhas	BRS Av. Gov. José Malcher		Índices T.V.
		Carro	Ônibus	
Medição 1 (07:25h)	UFPA-Tamoios	00:12:24	00:10:07	0,82
Medição 2 (08:02h)	Paar-Ver-O-Peso	00:08:43	00:08:51	1,02
Medição 3 (08:47h)	Tapanã-Ver-O-Peso (Expresso)	00:08:28	00:10:15	1,21
Média				1,01

Tabela 5. Medições do tempo de viagem realizadas no BRS José Malcher

Nota-se que em todas as medições o tempo de viagem por ônibus é considerado Bom conforme a metodologia adotada por Ferraz e Torres (2004), destaque para o horário de 07:30h, cujos índices de tempo de viagem (índices T.V.) alcançaram valores de aproximadamente 0,8, indicando que a viagem por ônibus foi 20% mais rápida. Vale ressaltar que os corredores Castelo e Conselheiro foram analisados de forma conjunta, visto que a maior parte das linhas trafegam em ambas as vias.

4.3 Questionário

O perfil encontrado a partir das 443 respostas obtidas através dos questionários do Google Forms, notou-se que 40,4% dos respondentes têm entre 18 e 25 anos, 32,2% têm entre 26 e 45 anos e 19,8% de 46 a 60 anos. Quanto ao gênero identificou-se que 55,8% são mulheres, sendo que destas, 49,6% andam de ônibus e a outra fração se divide em carros (49,2%) e moto (1,2%). Quanto aos homens, que totalizaram 44,2% dos respondentes, 47,2% andam de ônibus, e o restante se divide em carros (45%), bicicleta (3,6%) e moto (4,2%). No tocante à principal atividade, 36% das pessoas locomovem-se a trabalho, 29,8% a estudo e 28,2% devido às duas atividades.

No que diz respeito ao modal mais utilizado pelos entrevistados para se deslocar na cidade, o resultado obtido foi: 48,9% das pessoas utilizam o transporte coletivo, sendo que 83,2% destes trafegam pelas vias estudadas, e 46,9% utilizam carros, dos quais 75,7% utilizam as rotas do BRS. Os modos de transporte bicicleta, motocicleta e a pé somaram juntos 4,2%, dessa forma, foram excluídos dos tratamentos estatísticos.

Sobre os obstáculos ao Sistema BRS Belém, os respondentes optaram por no máximo 3 alternativas dentre os problemas observados mais frequentemente. Os resultados obtidos foram separados por modal.

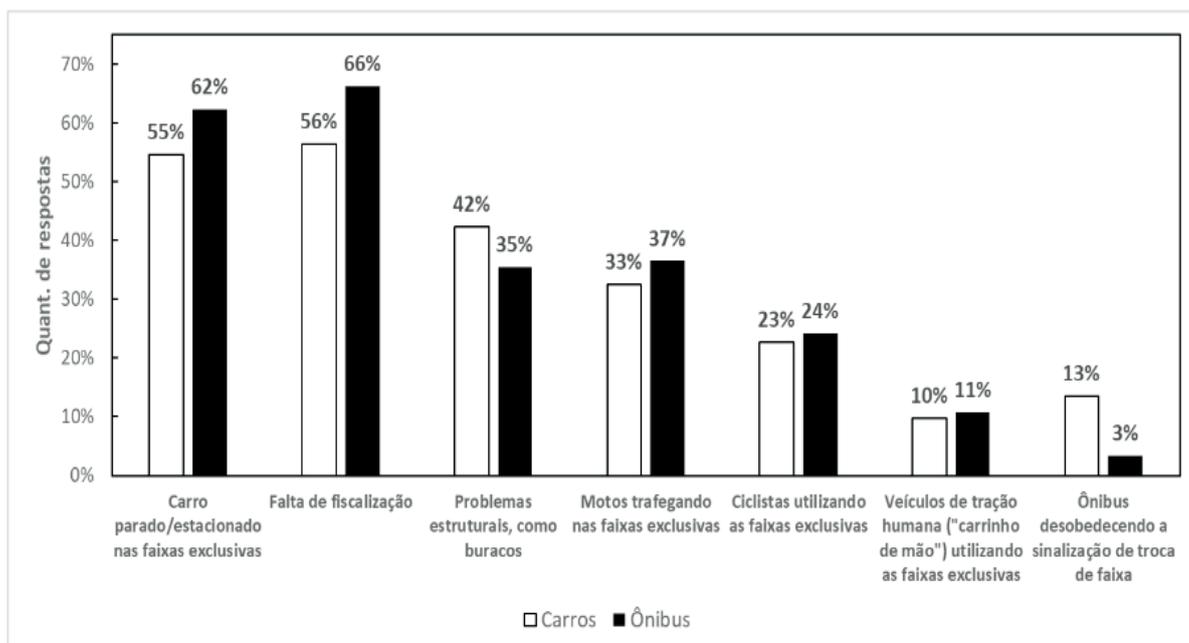


Figura 3. Principais problemas identificados pelos usuários

A Figura 3 exibe os principais problemas que impactam negativamente a operação do BRS identificados pelos usuários das vias. A presença dos radares de velocidade e tráfego indevido não é suficiente para conter diversas irregularidades que ocorrem com frequência nas faixas exclusivas, identificadas nos registros fotográficos e pelos usuários no questionário, tais como: carro embarcando/desembarcando passageiros, carro estacionado/parado, a presença de motociclistas, ciclistas e veículos de tração humana, obrigando os motoristas de ônibus a realizarem manobras indevidas e assim causando prejuízo no fluxo da via.

Acerca das mudanças no tempo de viagem dos usuários de carros e transporte coletivo após a instalação do Ônibus de Serviço Rápido, as pessoas responderam se houve redução ou acréscimo, como mostra a Figura 4 a seguir.

Ao analisar a Figura 4 observa-se que o percentual de usuários de carro que afirma ter reduzido o tempo de viagem foi de apenas 10%, refletindo que o projeto ainda não trouxe benefícios para os carros como consta em sua idealização, haja vista que ocorrem diversos problemas devido ao seu curto tempo de operação. Em São Paulo, Freire (2016) obteve o valor de 88,2% de respostas positivas entre os usuários de ônibus quando questionados se houve redução do tempo de viagem após a implantação do BRS.

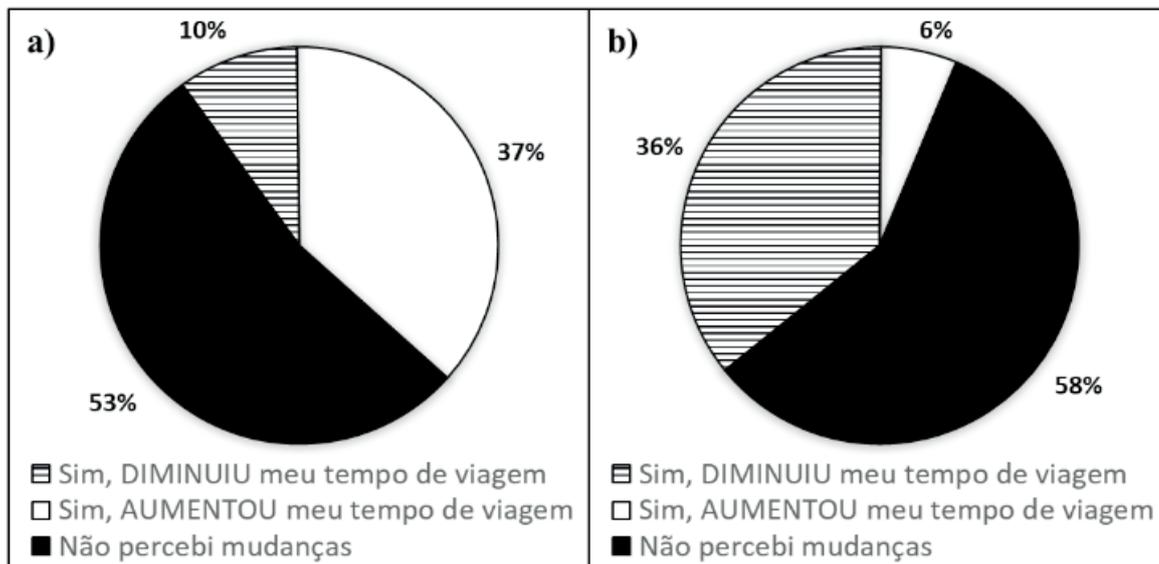


Figura 4. Resultado sobre a percepção em relação a mudanças no tempo de viagem para a) usuários de carro e b) usuários de ônibus

Havia ainda no questionário uma pergunta em relação à opinião dos respondentes sobre uma possível ampliação ou não do sistema BRS para outras vias da cidade. Os resultados foram separados em usuários de carro e ônibus, ilustrados na Figura 5.

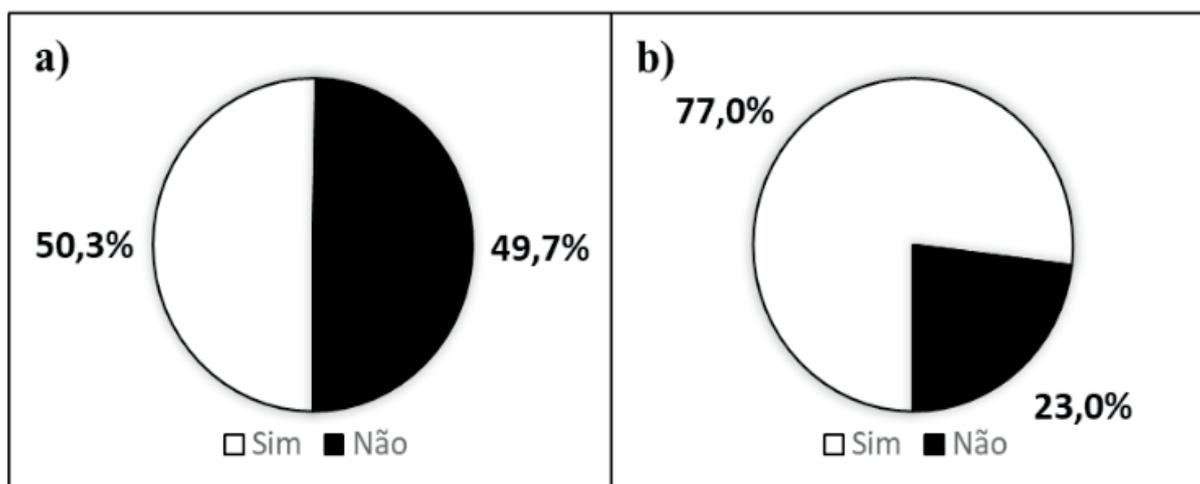


Figura 5. Resultado dos a) usuários de carro e b) usuários de ônibus para a pergunta “Você acha que deveriam ser implantadas faixas exclusivas em outras avenidas da cidade?”

As respostas dos usuários mostram que há o desejo de expansão do sistema na cidade, principalmente entre os usuários de ônibus, que são os mais beneficiados pelas faixas exclusivas. Outro ponto importante que merece destaque é a parcela de 50,3% dos usuários de carro que apoiam a ampliação do projeto, mesmo que os resultados sobre fluxo apontem para um ônus na mobilidade deste modal. Freire (2016) encontrou resultados semelhantes - em torno de 81% de aprovação - ao questionar os usuários de ônibus sobre o aumento da quantidade de faixas para a cidade de São Paulo.

Em relação à qualidade do transporte urbano, os respondentes foram

questionados sobre os principais fatores de qualidade pelos quais ambos modais são utilizados, além de quais os aspectos qualitativos que carecem nos coletivos de Belém. Os resultados estão apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

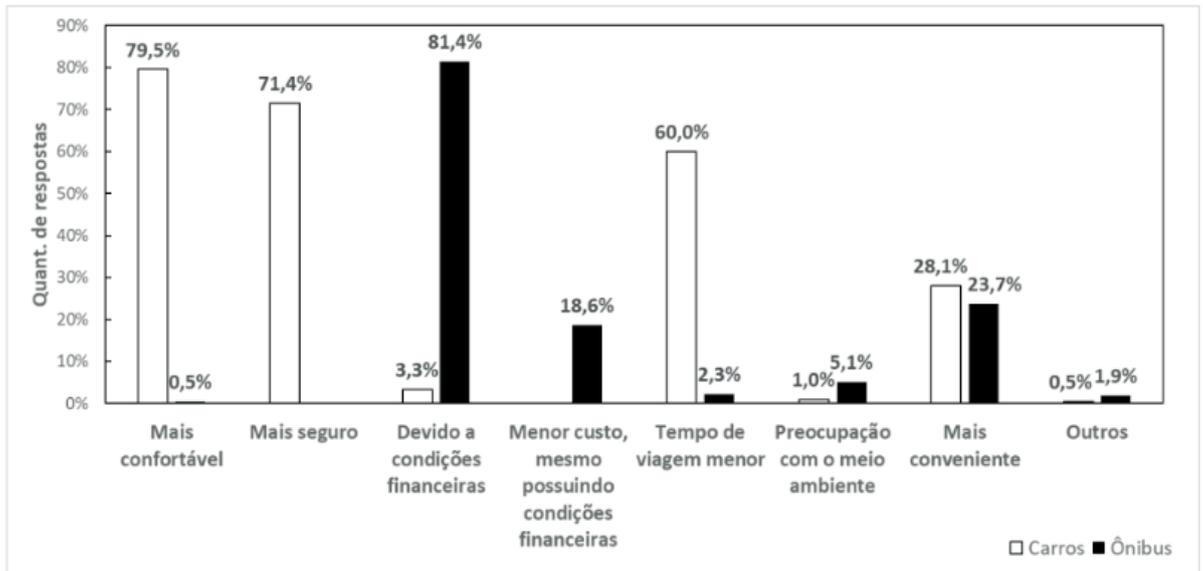


Figura 6. Motivos pelos quais os usuários optam pelo modal

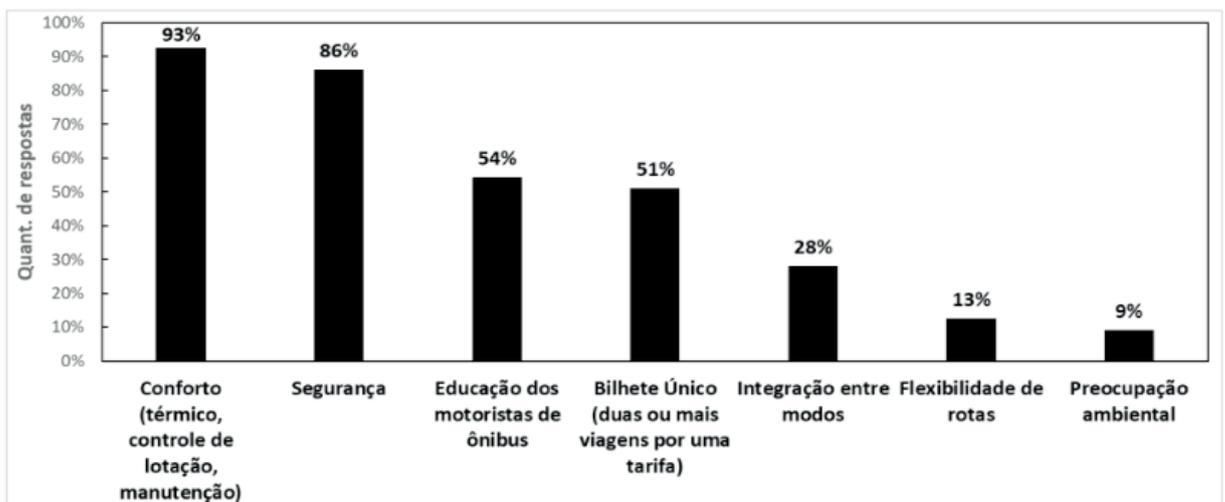


Figura 7. Parâmetros qualitativos mais ausentes nos coletivos, de acordo com a população.

Ao observar as figuras acima infere-se que o conforto, a segurança e o custo são os pontos mais importantes na escolha do modal para a população. Para os usuários de ônibus, a condição financeira é o fator determinante para a escolha do meio de transporte e, ao realizar uma análise conjunta dos resultados, nota-se que o transporte público carece dos quesitos mais demandados pela população. Ademais, o projeto BRS Belém atualmente possui sua atratividade reduzida, pois ainda não contempla nenhum desses três critérios principais de escolha, uma vez que a estrutura existente do sistema impactou expressivamente apenas na duração das viagens.

E, por fim, os usuários responderam se migrariam para o transporte público caso os aspectos de qualidade relacionados à questão anterior recebessem investimentos

substanciais. O resultado está exposto na Figura 8.

Os problemas resultantes do uso massivo de transporte individual, como longos congestionamento, consumo desordenado de combustíveis fósseis, poluição visual, sonora e atmosférica, seriam atenuados caso houvesse uma mudança dos usuários de transporte individual para o coletivo. Dessa forma, ao analisar a Figura 8, destaca-se o potencial de 55,8% dos usuários de transporte individual em migrar para o transporte público. Para fins comparativos, o estudo de Freire (2016) revela que 11,7% dos usuários de carro mudaram para o transporte coletivo após a implantação do BRS, logo o resultado de 55,8% mostra-se promissor.

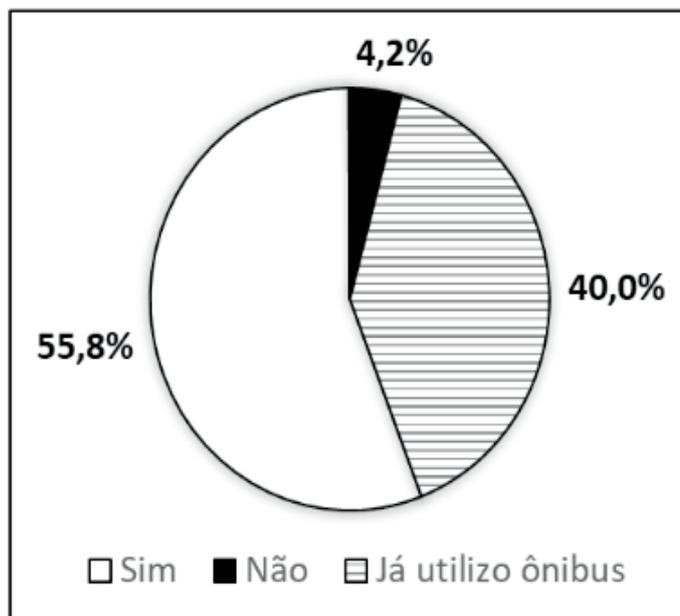


Figura 8. Resultado para migração de modal, em caso de melhoria na prestação de serviço

No entanto, o atual cenário do transporte público possivelmente recebeu contribuição direta do que se denomina ciclo vicioso. Este termo, segundo os autores Ortúzar e Willumsem (2011), consiste em um aumento da renda populacional, gerando acréscimo no número de usuários do transporte individual em detrimento do coletivo e subsequente menor investimento neste, o que torna o uso do carro ainda mais atrativo e causa elevados níveis de congestionamento, atrasos dos ônibus e aumento das tarifas.

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho buscou avaliar a eficiência do sistema de transporte público coletivo realizado pelo projeto BRS Belém (Ônibus de Serviço Rápido) sob o ponto de vista dos usuários. Atualmente, a implantação do sistema impacta, principalmente, no tempo de viagem dos coletivos, haja vista ainda não foram realizados escalonamentos dos pontos de parada, racionalização das linhas e a devida divulgação de informações para os

usuários, sendo esses itens preceitos essenciais para o funcionamento adequado do sistema como um todo. Ademais, os resultados obtidos evidenciaram que os principais anseios da população belenense estão ligados ao conforto e segurança, pontos ainda não beneficiados pela atual infraestrutura do sistema.

Somado a isto, os resultados sobre alteração no fluxo das vias após o BRS indicam que os benefícios atingidos até então foram unilaterais, visto que ambos usuários concordam que as melhorias foram somente para o transporte coletivo. Tal fato se opõe à idealização do BRS, que garante ganho no fluxo dos automóveis particulares ao deixar de competir espaço com os ônibus.

Entretanto, o sistema contribui para uma mudança de mentalidade acerca da necessidade de intervenção na mobilidade urbana na cidade de Belém. O sistema BRS Belém é uma iniciativa pautada na priorização do transporte público, amparado pelo Plano de Mobilidade Urbana de Belém (PLANMOB). Com apenas sete meses de operação, já são perceptíveis as melhorias para o fluxo dos coletivos, conforme constatados com as investigações realizados in loco, contudo, ainda há margem para ajustes e aperfeiçoamentos em prol de uma maior eficiência do sistema, ampliando e incentivando políticas de conscientização e fiscalização para as demais irregularidades existentes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C., FREIRE, I. e RIBEIRO, A. Projeto básico de um anel expresso tipo BRT para o município de Fortaleza-CE. In: Congresso Nacional de pesquisa em transporte da Anpet, 29., 2015, Ouro preto. **Anais...** Ouro Preto: Anpet, 2015. p. 113-116.

ALVES, L. M. T.; HUMBERTO, M.; SIQUEIRA, R. G. S. Efetividade da PNMU: caracterização dos municípios e identificação de variáveis relevantes para elaboração do plano de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP, n. 148, p. 39-58.

ANCHANTE, Jayme Tolpolar. **Orientações de políticas de combate ao congestionamento**. 2014. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ARAGÃO, J. J. G. DE et al. Transportes no Brasil: que história contar? **TRANSPORTES**, v. 9, n. 2, 2 jul. 2001.

ARAÚJO, M. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. **Psicologia & Sociedade**, vol 23, nº 3, p. 574-582, set.-dez. 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU. **Boas práticas para a nova mobilidade urbana-Exemplos para a aplicação da lei N° 12.587/2012**. 2012. Disponível em: <<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/26BoasPraticasNovaMobilidade.pdf>>. Acessado em: 10 de abril de 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU. BRT, **BRS, corredores e faixas exclusivas de ônibus**. 2014. Disponível em: <http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/12/05/6BF12DAF-9760-4D6D-93DA-D6ED4CC87000.pdf>. Acessado em: 10 de abril de 2018.

- AYURE, D. **Uma proposta de classificação de Bus Rapid System (BRS) utilizando simulação**. 2014. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BERTUCCI, J. Os benefícios do transporte coletivo. **IPEA**: boletim regional, urbano e ambiental, Brasília, nº 5, p. 77-87, jun. 2011.
- BRANCO, A. M. Corredores de transporte público. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP, n. 127. p. 53-61.
- BRASIL. LEI Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/leis_2001/L10257.htm>. Acessado em: 10 de abril de 2018.
- BRASIL. **LEI Nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acessado em: 10 de abril de 2018.
- BRT+ Centre of Excellence e EMBARQ. “Global BRTData.” Versão 3.36. Última modificação: 6 de junho de 2018. Disponível em: <<http://www.brtdata.org>>. Acessado em: 8 de abril de 2018.
- FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G.E. **Transporte público urbano**. São Paulo, Rima Editora, 428 p. 2004.
- FETRANSPOR. **Manual de Implementação BRS – Bus Rapid Service**. Rio de Janeiro, 2013.
- FREIRE, L.R. **Faixas e corredores de ônibus no município de São Paulo: opinião dos usuários**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 21., 2017, São Paulo.
- GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010 – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao.html>>.
- INRIX. Interactive Ranking & City Dashboards, 2017. Disponível em: <<http://inrix.com/scorecard/>>. Acessado em: 10 de abril de 2018.
- LIBARDI, R. Mobilidade urbana frente à complexidade urbana. **EURE (Santiago)**, Santiago, v. 40, n. 121, p. 273-276, set. 2014. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612014000300013&lng=es&nrm=iso>. Acessado em: 10 abr. 2018.
- NETO, V. C. L.; GALINDO, E. P. Planos de mobilidade urbana: instrumento efetivo da política pública de mobilidade?. **PARANOÁ**: cadernos de arquitetura e urbanismo/Revista do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da FAU UnB. Ano 12, n. 9 – 2013.
- SIMÕES, João Manuel. **Camilo, autor e personagem**. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 1990. Cultura, p. 1.
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. 4th ed. Chinchester. Jonh Wiley & Sons, 2011.
- PLANMOB: Construindo a cidade sustentável. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Nº. 1. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades, 2007. 180p. Il. 30cm.

SILVEIRA, D.; CORDOVA, F. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T; SILVEIRA, D. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 31-42.

SILVEIRA, M. R.; COCCO, R. G. Transporte público, mobilidade e planejamento urbano: contradições essenciais. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 79, p. 41-53, 2013.

DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DA VÁLVULA DISTRIBUIDORA

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Geanderson Cutrim Soares

Universidade Federal do Pará – Campus
Universitário de Tucuruí
Tucuruí – PA
<http://lattes.cnpq.br/4523798205337307>

Hugo da Rocha Conceição

Universidade Federal do Pará – Campus
Universitário de Tucuruí
Tucuruí – PA
<http://lattes.cnpq.br/5205109060103923>

Marcelo Alves de Sousa

Universidade Federal do Pará – Campus
Universitário de Tucuruí
Tucuruí – PA
<http://lattes.cnpq.br/2153442587409541>

Bernard Carvalho Bernardes

Universidade Federal do Pará – Campus
Universitário de Tucuruí
Tucuruí – PA
<http://lattes.cnpq.br/7562545099461171>

RESUMO: Em uma usina hidrelétrica, o tipo de turbina mais utilizada é do tipo Francis e neste arranjo, o regulador de velocidade da unidade geradora controla o fluxo de água através de um conjunto eletro – hidráulico denominado de Distribuidor. O correto funcionamento deste

sistema só é possível através do uso de duas válvulas, a Eletroválvula Atuadora (TR – 10) e a Válvula Distribuidora. Ao longo da operação destes equipamentos, ocorrem falhas ou problemas que demoram a ser discriminadas por conta da complexidade deste sistema. A partir disso, foi desenvolvido um módulo com peças reaproveitadas, por tanto de baixo custo, que permite emular as atividades realizadas por estas válvulas.

PALAVRAS-CHAVE: Válvulas, Distribuidor, Regulador, Microprocessador e Emulação.

DEVELOPMENT OF THE MODULE OF TEST FOR POSITION CONTROL OF THE DISTRIBUTION VALVES

ABSTRACT: In a hydroelectric plant, the most commonly used turbine type is the Francis type and in this arrangement, the generating unit speed regulator controls the flow of water through an electro - hydraulic assembly called a Distributor. The correct functioning of this system is only possible through the use of two valves, the Actuating Solenoid Valve (TR - 10) and the Distributing Valve. Throughout the operation of these equipment, failures or problems that take time to be discriminated due to the complexity of this system occur. From this, it was developed a module with reused parts, therefore low cost, which allows to emulate the activities performed

by these valves.

KEYWORDS: Valves, Distributor, Regulator, Microprocessor and Emulation.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente no campo da geração o regulador de velocidade atua no controle da vazão de água, auxiliando o ajuste de potência elétrica gerada de acordo com a demanda que o sistema interligado solicita. A principal função do regulador de velocidade é tentar manter o giro da turbina constante para que o gerador forneça energia ao sistema elétrico brasileiro interligado na frequência próxima de 60 Hertz, podendo variar entre 59,9 Hertz e 60,1 Hertz. Para isso, o regulador atua no controle de abertura ou fechamento do distribuidor da turbina (palhetas diretrizes para as turbinas Francis) (Aneel, 2008).

Para realizar o movimento das pás do distribuidor (Figura 1) é utilizado um sistema eletromecânico com óleo sob determinada pressão saindo da válvula Distribuidora. Através dos comandos hidráulicos que chega aos servos motores, tanto na direção da direita quanto na direção da esquerda, acionam o anel de sincronismo e por consequência ativa um conjunto de bielas que movimentam as pás diretrizes no sentido abrir ou fechar.



Figura 1. Distribuidor (Pás Diretrizes, Anel de Sincronismo e Êmbolos dos Servos)

FONTE: (Alstom, 2010).

Em geral, vários equipamentos são necessários para este controle, porém as principais peças deste subsistema são as válvula eletro-hidráulica; válvula distribuidora, como já foi citado. Acumulador, válvula de alívio, bomba e filtros para controle da qualidade do óleo também faz parte deste complexo. Uma tubulação rígida é utilizada para interligar todos os equipamentos e pode ser visualizada no esquemático a seguir que foi adaptado. (Barra, et. al, (2010)

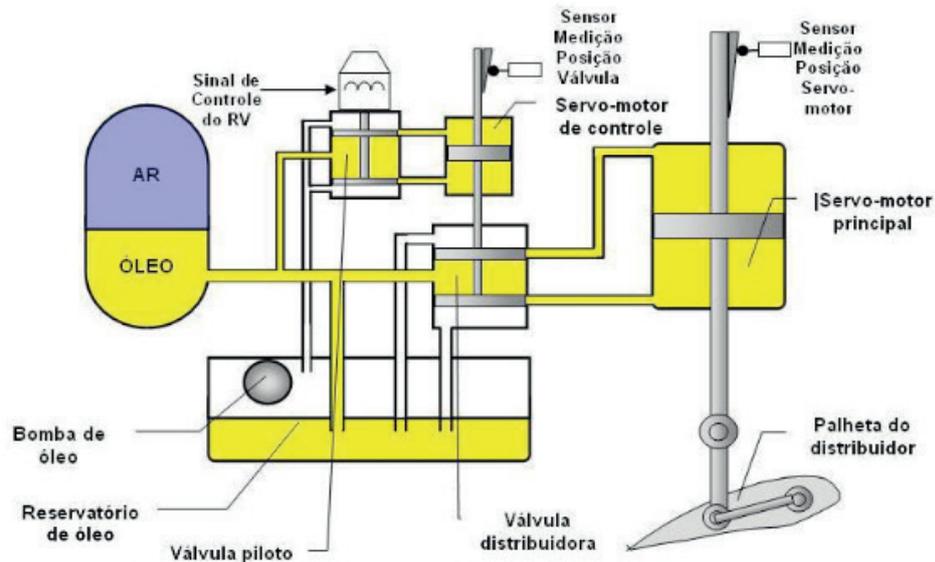


Figura 2. Esquema Adaptado de um Sistema Hidráulico de Atuação
 FONTE: (Adaptado de A. O. LEÃO, 2013).

Ao longo do tempo, é necessário realizar manutenções preventivas e corretivas pois problemas como o óleo apresentando resíduos ou o circuito elétrico junto a parte hidráulica com algumas falhas em sua estrutura, ocorrem com uma determinada frequência. A partir do acompanhamento de manutenções realizadas em algumas máquinas geradoras de uma Usina Hidrelétrica, foi desenvolvido um módulo que simula as ações da Válvula Distribuidora visando facilitar o entendimento deste conjunto e por consequência diminuir o tempo de investigação do problema, pois, o operador pode direcionar a causa através da simulação.

2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Manutenções corretivas têm sido realizadas com maior frequência no arranjo de regulação de velocidade das unidades geradoras, principalmente nas válvulas responsáveis pelo controle do distribuidor. Por conta de ser um conjunto que tem seu funcionamento tanto com circuito elétrico quanto com parte hidráulica, se torna complicado investigar as causas e soluções para ocorrências neste sistema de regulação de velocidade.

Uma das Válvulas que geralmente apresenta defeitos é a Distribuidora. Como pode ser vista na Figura 3, essa válvula interage com o circuito eletrônico do regulador de velocidade localizado na unidade de controle da máquina através do sinal recebido pelo atuador de forma a disponibilizar uma vazão constante para o servo, sendo assim possível manter a frequência da tensão elétrica gerada constante em 60 Hertz (Alstom, 2010).



Figura 3. Foto Externa da Válvula Distribuidora.

FONTE: Autores.

Outra válvula que também pode apresentar problemas não só hidráulicos como também elétricos, é a Eletroválvula Atuadora (TR – 10) (Figura 4) que é composto por um transdutor eletro-hidráulico, onde o sinal elétrico recebido pelo regulador de velocidade passa a ser um comando de abrir ou fechar o servo motor que comanda as pás diretrizes através do anel de sincronismo.



Figura 4. Eletroválvula Atuadora (TR – 10)

FONTE: Autores.

Com o intuito de minimizar o tempo de investigação e viabilizar o entendimento prático deste conjunto, tanto para a equipe de manutenção elétrica quanto para a equipe de manutenção mecânica, foi desenvolvido com materiais encontrados no próprio laboratório de manutenção que permite emular o funcionamento da Válvula

3 | OBJETIVOS

O principal objetivo deste projeto é realizar a emulação simplificada das atividades exercidas pelas válvulas e apresentar de forma didática, o seu funcionamento dentro do sistema de regulação de velocidade das unidades geradoras. Para isto, foi utilizado materiais de baixo custo, que seriam descartados pela falta de uso ou pelo estado de conservação. E com o auxílio de um Arduino Nano, foi possível mostrar que através do controle e medição de um servo motor é possível emular os valores de abertura e fechamento das pás diretrizes do distribuidor conforme o projeto real.

Outro benefício alcançado com este projeto, é a redução dos riscos ergonômicos de se levar repetidas vezes uma equipe ao local da ocorrência e facilitar a investigação que conseqüentemente permite chegar a uma determinada solução antes mesmo de efetuar qualquer visita técnica. Além disso, o projeto viabiliza a redução de gastos e procura mostrar para os funcionários das usinas e a comunidade interessada, uma versão simplificada do funcionamento das válvulas já citadas e o processo complexo de Regulação de Velocidade.

4 | MATERIAIS UTILIZADOS

Para a construção do módulo de teste foram utilizados:

- 1 - Engrenagem de Mini Impressora;
- 1 - Botão;
- 1 - Microcontrolador Arduino Nano;
- Jumpers;
- 1 - Protoboard;
- 1- Sensor Indutivo;
- Resistores;
- 1 - Módulo Motor Drive L298;
- 1 - LCD I2C 16x2;
- 1 - Fonte de 12V.

5 | METODOLOGIA

5.1 Pesquisa

No estudo de turbinas hidráulicas manteve-se o foco nos modelos de Reguladores de Velocidades dentre os assuntos abordados. Além disso, foi consultado as plantas de projeto do sistema de regulação de unidades geradoras com a finalidade de entender o funcionamento tanto da parte hidráulica quanto do circuito eletrônico para o desenvolvimento do módulo.

Com relação à descrição das turbinas hidráulicas, Kundur (1994) apresenta toda modelagem do sistema hidráulico de uma usina hidrelétrica começando pelo equacionamento completo do conduto forçado e a função de transferência contemplando um modelo simplificado de turbinas hidráulicas conhecido como modelo linear até o modelo não linear, mais completo e real assim como o modelo de seu respectivo Regulador de Velocidade e seu sistema hidráulico de controle.

Ainda no que diz respeito ao regulador, Kundur (1994) apresenta o mesmo sem estatismo, isócronos, e com estatismo permanente, além de uma análise da modelagem do servoposicionador que foi utilizada no estudo para o desenvolvimento do controle, conforme pode ser visto na Figura 5.

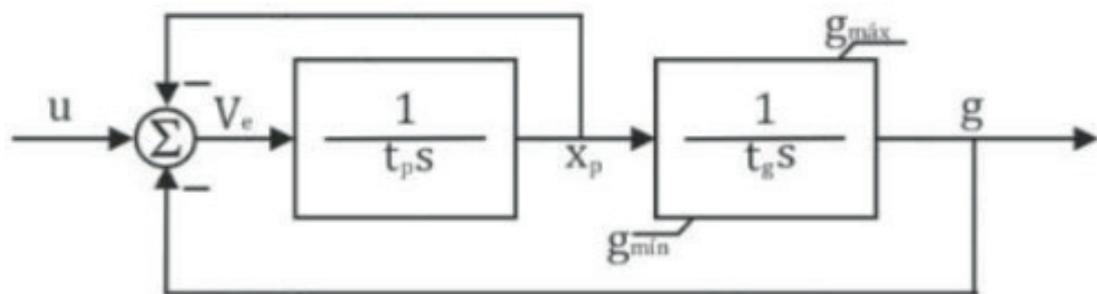


Figura 5. Diagrama de Blocos Simplificado do Servoposicionador

FONTE: (Adaptado de KUNDUR, 1994).

Foi necessário o desenvolvimento de um controle PID com o objetivo de evitar erros na medição do controle do motor DC (Servo). O controle PID é um acrônimo das combinações das ações de controle proporcional, de controle integral e de controle derivativo e é denominada de ação de controle proporcional - integral - derivativo. Essa ação combinada tem as vantagens individuais de cada uma das três ações de controle. A equação implementada no Arduino de um controlador com essas ações combinadas é dada por (Ogata, 2006)

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_I}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_D T_d \frac{d e(t)}{dt}$$

5.2 Construção do Módulo

O projeto foi elaborado primeiramente em um escritório para em seguida realizar o desenvolvimento do módulo em um laboratório simples que permite efetuar manutenções eletrônicas de forma segura. Foi reaproveitado boa parte de uma placa isolante para servir de base da estrutura, assim como, foi aproveitado o “*esqueleto*” de uma mini impressora com um motor de corrente contínua de 12 Volts para a movimentação de uma chapa metálica que assemelha à utilizada na Válvula Distribuidora das unidades geradoras.

Para realizar a leitura, foi aproveitado um sensor indutivo que envia um sinal elétrico para o Arduino de acordo com a distância que o sensor está localizado da chapa metálica. Uma régua com porcentagem, foi fixada na chapa para realizar a aferição analógica da posição do servo motor, este valor também pode ser visualizado na tela de LCD, assim como demais informações.

Uma ponte H denominada de “*Motor Drive L298*” possibilitou realizar o controle do motor DC e permitindo que, através da placa microprocessadora e a chave seletora, o motor movimente a chapa metálica com uma determinada inclinação. Assim, na medida em que a distância entre o sensor e a chapa diminui o Arduino Nano recebe o sinal elétrico, processa e converte para o valor em porcentagem que é mostrado no display LCD. Na Figura 6, pode ser visualizado o módulo desenvolvido com todos os periféricos.

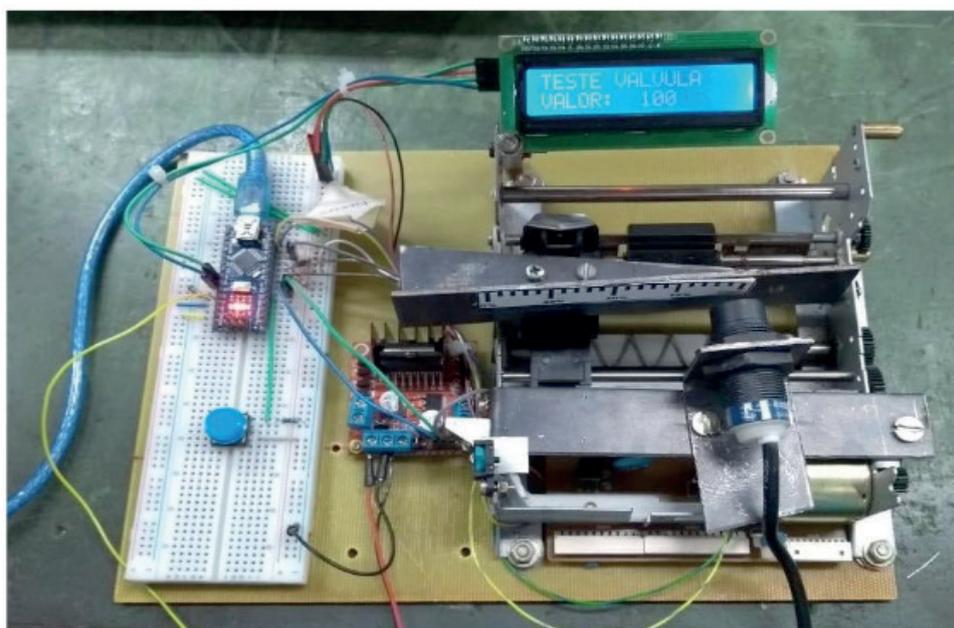


Figura 6. Módulo de Simulação da Válvula Distribuidora.

FONTE: Autores.

5.3 Microcontrolador Arduino Nano

A placa microcontroladora Arduino tem ganhado vários adeptos entre estudantes e profissionais da área de eletrônica pois possui uma plataforma de prototipagem

de hardware livre, projetada com um microcontrolador Atmel (AVR) com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação essencialmente C/C++. (Arduino, 2018)

O uso de uma placa microcontroladora Arduino se faz necessária para o projeto pois possui plataforma de código aberto (IDE), baixo custo e tem características didáticas. Com esta placa foi possível conectar e controlar os periféricos utilizados neste módulo. Projetos construídos com o Arduino possuem grande desempenho onde dependendo de como são projetados, a placa pode ter respostas rápidas e confiáveis pois realiza a tarefa específica para a qual foi programada.

A placa utilizada neste trabalho foi o Microcontrolador Arduino Nano acoplado a uma *Protoboard* e com auxílio de *Jumpers*, conectou-se um display LCD para visualização em tempo real do valor medido através do sensor indutivo que também foi conectado a placa. O Arduino permite ser alimentado com uma tensão de até 5 Volts, para isto foi utilizado de uma fonte de alimentação externa (Micro USB). Além disso, também foi conectado a placa uma chave de três posições que permite o operador comandar o movimento do motor DC e um *button* que tem o papel de *off-set*, permitindo que o teste possa começar ou terminar a partir de um valor pré-determinado.

O código criado para o Arduino Nano realiza a captura de valores de tensão enviada pelo sensor indutivo, através de uma entrada analógica e calcula a posição do servo motor baseado na variação de distância de leitura do sensor. Esses valores são mostrados para um display LCD instalados no protótipo e, também, podem ser conferidos através da leitura visual da régua.

6 | RESULTADOS

6.1 Testes Iniciais

Para verificação da leitura e calibragem do sensor indutivo utilizado, foram realizados testes utilizando primeiramente o *Serial Monitor* da própria plataforma IDE do Arduino e em seguida utilizou a aferição realizada pela régua e o Display LCD para calibrar e verificar se os dados recebidos estão de acordo com a movimentação definida pelo operador através do comando realizado na chave de seleção. Também foram realizados testes de comparação do módulo com a Válvula Distribuidora e Atuadora (TR-10), principalmente no quesito de velocidade de abertura ou fechamento do servo motor.

6.2 Emulação

A validação de que os procedimentos realizados pelo projeto estão de acordo com as ações das Válvulas: Distribuidora e Atuadora, ambas do sistema de regulação de velocidade, foram feitas colocando primeiramente o sensor na posição “0%” através do comando do operador pela chave seletora. Em seguida, verifica-se se na régua de medição e no Display LCD se o valor corresponde à posição “zero”, conforme pode

ser visualizado na Figura 7:

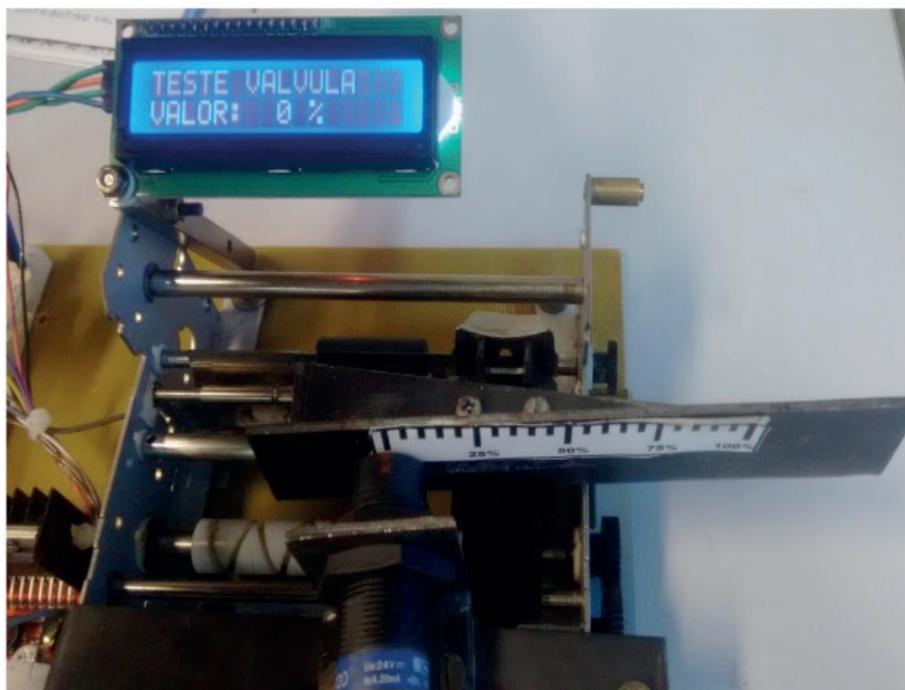


Figura 7. Protótipo em Teste (0%).

FONTE: Autores.

Isto significa que o êmbolo do servo motor está totalmente disposto para fora e conseqüentemente as pás diretrizes do distribuidor estão totalmente fechadas. O Gráfico 1 mostra atuação do controle PID projetado onde os valores de leitura do sensor indutivo diminuem ao longo do tempo caracterizando o estado de totalmente fechado.

Se o comando efetuado na chave for no sentido contrário e deixar o sensor na posição “100%”, conforme a Figura 8, significa que o êmbolo está totalmente disposto para dentro e conseqüentemente as pás diretrizes do distribuidor estão totalmente abertas. Em seguida, o Gráfico 2 mostra atuação do controle de acordo com os valores de leitura do sensor.

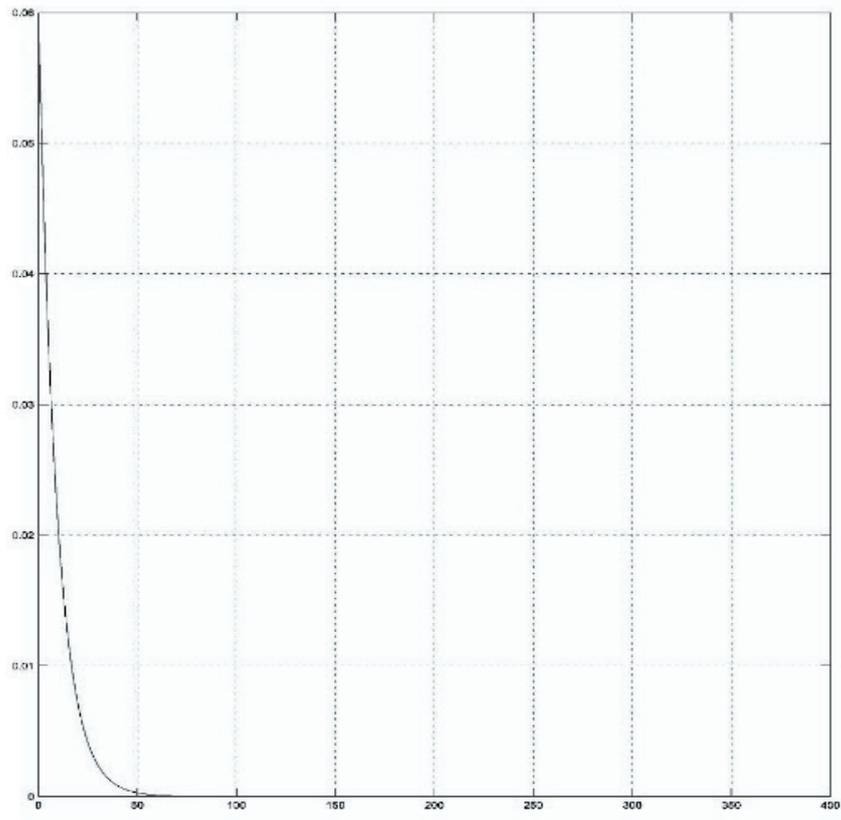


Gráfico 1. Curva dos Valores de Leitura Versus o Tempo (Fechamento do Distribuidor).

FONTE: Autores.



Figura 8. Protótipo em Teste (100%).

FONTE: Autores.

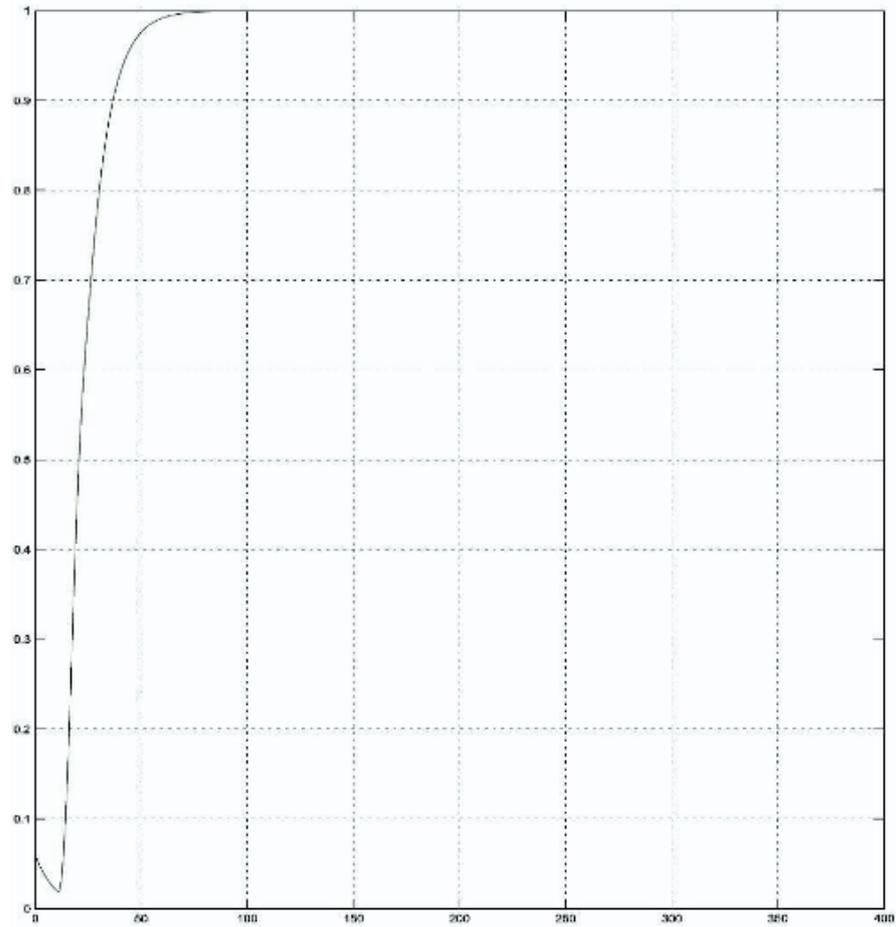


Gráfico 2. Curva dos Valores de Leitura Versus Tempo (Abertura do Distribuidor).

FONTE: Autores.

Portanto, com o módulo de simulação é possível ver qualquer posição do servo motor e conseqüentemente a porcentagem de abertura das pás do distribuidor. Conforme pode ser observado na Figura 9, por exemplo.

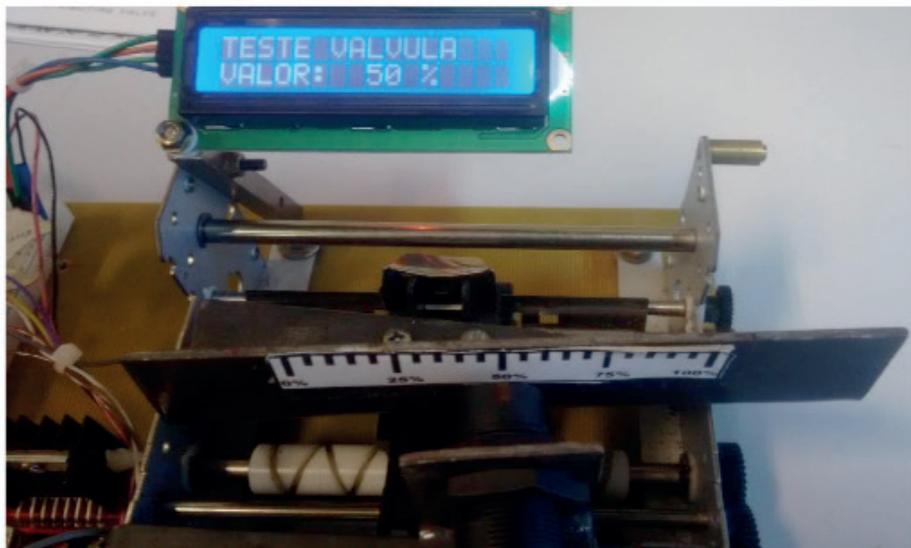


Figura 9. Protótipo em Teste (50%).

FONTE: Autores.

7 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o projeto atendeu as expectativas e mostrou ser uma ferramenta prática e de simples manuseio. Com a construção do módulo foi possível entender as atividades executadas pelas válvulas e como elas atuam diretamente no sistema de regulação de velocidade utilizando materiais de baixo custo. Desse modo, o controle projetado para a emulação e que por consequência controla abertura ou fechamento dos servos motores das pás do distribuidor possibilitou o entendimento do sistema elétrico e hidráulico das válvulas na regulação de velocidade de uma unidade geradora do tipo Francis.

Outro benefício alcançado com este projeto, foi a redução dos riscos ergonômicos de se levar repetidas vezes uma equipe ao local para realizar a manutenção e facilitar a investigação de problemas com as válvulas como: erro na calibragem do sensor indutivo, falhas nas conexões (do Sensor para o Regulador e o sinal que chega à Válvula Atuadora), impurezas no óleo de lubrificação, dentre outros. Com isto, o projeto viabiliza a redução de gastos e procura mostrar para os colaboradores de uma usina e a comunidade interessada no assunto, uma versão simplificada da operação das válvulas já citadas dentro do sistema de Regulação.

REFERÊNCIAS

- ALSTOM. **Alstom in Brazil**. Disponível em: <<http://www.alstom.com.br>>. Acesso em: 07 de jun. 2018.
- ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2008. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª. ed. Brasília: ANEL, 2008. ISBN: 85-87491-09-1
- ARDUINO. **Arduino Playground**. Disponível em: <<http://playground.arduino.cc/Portugues/HomePage>>. Acesso em: 08 de Jun. 2018.
- JÚNIOR, WALTER BARRA, DA COSTA JÚNIOR, CARLOS TAVARES e NOGUEIRA, FABRÍCIO GONZALES. 2010. **Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): Implementação de um Estabilizador de Sistema de Potência Piloto, com capacidade de Adaptação, em Gerador da Etapa da 1 UHE de Tucuruí, como continuidade de Projeto P&D do Ciclo 2000-2001**. Belém: Universidade Federal do Pará - UFPA & Regional de Produção de Tucuruí - CTC, 2010.
- KUNDUR, P. 1994. **Power System Stability and Control**. 3ª. New York: McGraw-Hill, 1994. ISBN: 0-07-035958-X.
- LEÃO, Amanda. O. 2013. **Projeto de reguladores de velocidade de uma UGH por técnicas convencionais e locação Polinomial em RST**. Universidade Federal do Pará, Tucuruí: 2013.
- OGATA, K. 2003. **Engenharia de Controle Moderno**. Tradução de Paulo Alvaro Maya. 4ª. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. ISBN: 85-87918-23-0.

USO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO

Data de aceite: 03/02/2020

Carlos Millan-Paramo

Professor Facultad de Ingenieria, Universidad de Sucre, Colombia

carlos.millan@unisucra.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0004-6063>

Jair de Jesus Arrieta Baldovino

Doutorando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil

yaderbal@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7740-1679>

Euriel Millan Romero

Professor Facultad de Ingenieria, Universidad de Sucre, Colombia

euriel.millan@unisucra.edu.co

RESUMO: Na engenharia geotécnica, a técnica de otimização de estruturas de contenção de solos vem sendo empregada com sucesso. Assim, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um procedimento para o projeto de muros de arrimo rígido do tipo flexão com a utilização do Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (ASAM), baseado no procedimento da norma ACI 318-05. Desta maneira, procura-se obter com o algoritmo as dimensões do muro e as quantidades de reforço que tornam o projeto da estrutura com o menor peso possível, usando

como referência para a presente pesquisa o estudo de problemas validados mediante o uso de variáveis contínuas e variáveis discretas, cumprindo assim as necessidades geotécnicas e estruturais do muro no procedimento desenvolvido. Os resultados demonstram a eficiência do uso do ASAM na otimização deste tipo de estruturas de contenção de solos.

PALAVRAS-CHAVE: Muros de contenção, algoritmo *simulated annealing* modificado, otimização.

1 | INTRODUÇÃO

Os muros de flexão são um dos sistemas de contenção de solos mais sucedidos entre as diferentes categorias de muros de arrimo. O projeto de muros de flexão deve satisfazer as necessidades geotécnicas, estruturais e econômicas (Babu e Basha, 2006). O projeto ótimo de muros de flexão tem muitos estudos anteriores, enquanto os modelos matemáticos junto com procedimentos de otimização sempre vão ser uma ferramenta fundamental na área geotécnica (Gandomi et al, 2015).

Existem métodos metaheurísticos relativamente novos para o projeto de muros, como por exemplo, o SA (*Simulated Annealing*), o PSO (*Particle Swarm Optimization*), o FA

(*Firefly Algorithm*) e os AG (Algoritmos Genéticos). Um dos requerimentos mais importantes para levar a cabo uma boa pesquisa é o uso de algoritmos metaheurísticos, porque eles mantêm um equilíbrio adequado entre a diversificação e a intensificação. A diversificação é a exploração do espaço de busca, enquanto a intensificação é a exploração das melhores soluções encontradas (Talbi, 2009).

O Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (Millan-Paramo C e Filho J, 2019a, 2019 b), é baseado em um processo de enfreamento de metais usado no *Simulated Annealing* (SA) clássico, mas tem outras características fundamentais (exploração preliminar, passo de busca e probabilidade de aceitação) que fazem diferença com esse (Millan *et al*, 2014).

Assim, esta pesquisa busca usar o ASAM para a otimização de muros de flexão, enquanto seja comprovada sua eficiência para encontrar o menor peso possível (concreto mais aço de reforço) destas estruturas de contenção de solos, e desta maneira, atingir de forma objetiva a confiabilidade no algoritmo. Na primeira parte do documento se mostra a descrição do problema baseado em muros de flexão, em seguida, se descreve o algoritmo ASAM, os fundamentos dele e os parâmetros que fazem controle sobre ele. Para fazer a demonstração e validação do algoritmo, dois problemas de referências relacionados com o projeto de muros de flexão são analisados.

2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Na Figura 1 se mostra um muro de flexão modelado com 12 variáveis de projeto: largura da base (X1), largura do pé (X2), largura da parte inferior da parede do muro (X3), largura da parte superior da parede do muro (X4), espessura da base (X5), distância desde o pé e a frente do dente do muro (X6), largura do dente (X7), espessura do dente (X8), aço de reforço vertical da parede do muro (R1), aço de reforço horizontal do pé e do talão (R2 e R3, respectivamente) e o aço de reforço vertical do dente (R4).

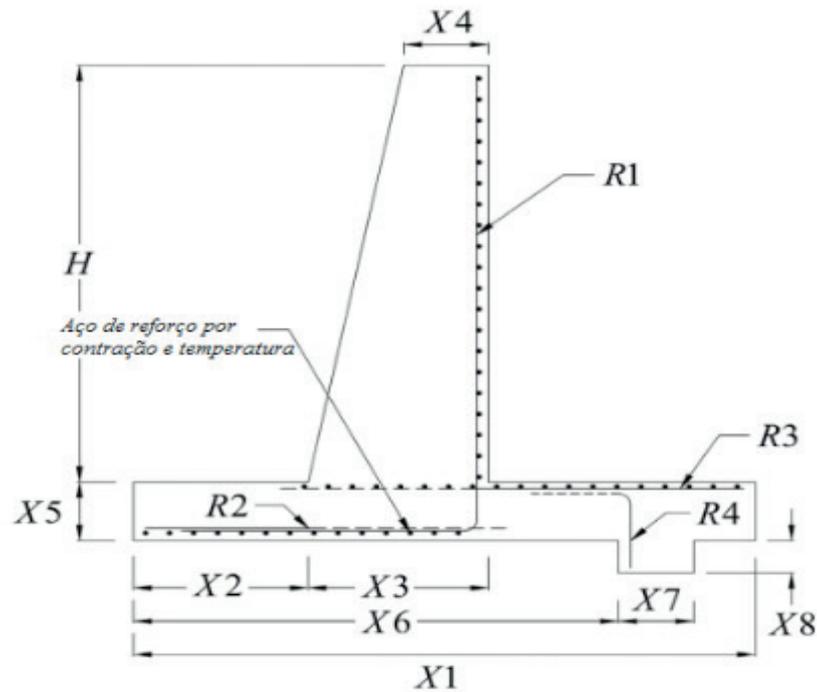


Figura 1. Variáveis de projeto do muro de flexão

As variáveis X1 até X8 representam a geometria do muro, e as variáveis R1 até R4 representam o aço de reforço. As variáveis X1 até X8 se definem como contínuas, enquanto que as variáveis desde R1 até R4 se consideram como um conjunto de valores discretos, como mostra a Tabela 1. Utilizou-se um total de 223 combinações de reforço (η) para representar entre 3 e 28 barras de aço com diâmetros desde 10 até 30mm uniformemente espaçadas (Camp e Alkin, 2012). O projeto do muro de flexão se divide em duas etapas: A) projeto geotécnico e B) projeto estrutural. Na primeira etapa do procedimento (etapa A), deve-se verificar a segurança ao tombamento, deslizamento e capacidade da carga da base do muro. Na etapa B, a etapa do projeto estrutural, o muro deve satisfazer os valores da força cortante e do momento na parede, no pé, no talão e no dente.

Combinação (η)	Aço de Reforço		Área (cm ²)
	Quantidade	Tamanho da Barra (mm)	
1	3	10	2,356
2	4	10	3,142
3	3	12	3,393
4	5	10	3,927
5	4	12	4,524
...
221	16	30	113,097
222	17	30	120,165
223	18	30	127,234

Tabela 1. Propriedades do aço de reforço para as variáveis R1 até R4

A figura 2 apresenta todas as forças atuantes sobre o muro de arrimo de flexão. A força resultante da pressão ativa P_A , a força resultante da pressão passiva de terras na parte do pé P_T , a força resultante da pressão passiva de terras no dente do muro P_K ; depois a força resultante da pressão sobre a base P_B , a sobrecarga distribuída sobre o aterro q (onde Q é a resultante da sobrecarga); e por último W_C , que é o peso combinado de todas as seções do muro; o peso do solo em cima do pé W_T e o peso do solo de aterro W_S . Os coeficientes de pressão ativa e passiva usados para a análise geotécnica estão baseados na teoria de Rankine (Das, 1994), usando as Equações (1) e (2).

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (1)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

Onde β é o ângulo de inclinação do aterro e ϕ é o ângulo de atrito do solo do aterro. O projeto geotécnico está baseado na metodologia de Braja Das (Das, 1994) da seguinte maneira:

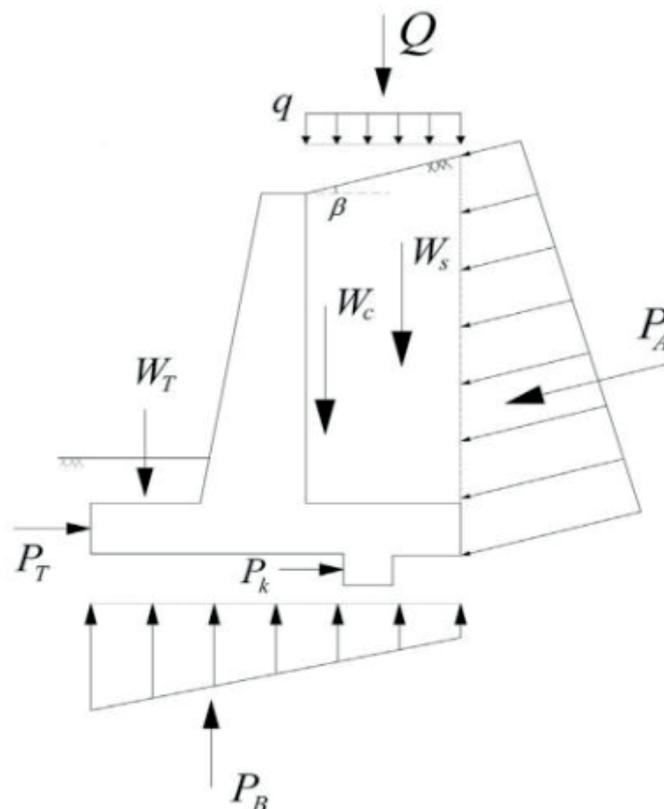


Figura 2. Forças que atuam sobre o muro de flexão

Requerimentos Geotécnicos. O fator de segurança ao tombamento FS_0 do muro está estabelecido da seguinte forma:

$$FS_0 = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \quad (3)$$

Onde $\sum M_R$ é o somatório dos momentos que tendem ou tornam a tombar o muro e $\sum M_O$ é o somatório dos momentos que tendem a evitar o tombamento. O fator de segurança ao deslizamento FS_S está expresso por:

$$FS_S = \frac{\sum F_R}{\sum F_D} \quad (4)$$

Onde $\sum F_R$ é a somatória das forças de resistência horizontais contra o deslizamento e $\sum F_D$ a somatória das forças horizontais que favorecem o deslizamento, as quais são definidas pelas equações (5) e (6):

$$\sum F_R = (\sum W_{Wall}) \tan\left(\frac{2\phi_{base}}{3}\right) + \frac{2BC_{base}}{3} + P_P \quad (5)$$

$$\sum F_D = P_a \cos\beta \quad (6)$$

De onde $\sum W_{wall}$ é o peso total do muro, base é o ângulo de atrito interno do solo de fundação, B é a largura da base, C_{base} é a coesão do solo de fundação, P_a é a força ativa e P_p a força passiva expressada pela Equação (7), que depende da profundidade de solo na frente do muro D1.

$$P_P = \frac{1}{2} \gamma_{base} D1^2 K_p + 2C_{base} D1 \sqrt{K_p} \quad (7)$$

O fator de segurança de capacidade de carga da base FS_B é definido pela capacidade última de suporte do solo de fundação q_u e pela máxima pressão atuante embaixo da fundação q_{max} , mediante a equação (8).

$$FS_B = \frac{q_u}{q_{max}} \quad (8)$$

O q_{max} é definido pela Equação (9), onde também pode ser expressa a menor pressão atuante embaixo da fundação q_{min} :

$$q_{\frac{\max}{\min}} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (9)$$

O $\sum V$ é a somatória de todas as forças verticais e e é a excentricidade resultante do sistema de forças, e é calculada da seguinte maneira:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V} \quad (10)$$

Requerimentos de resistência estruturais. Dentro de requerimentos de resistências estruturais no muro, pode-se dividir o tema em duas partes: momentos e forças cortantes. Os momentos e forças cortantes resistentes devem ser iguais ou maiores que os atuantes. Baseado na ACI 318-05 (ACI, 2005), pode-se calcular a resistência à flexão usando a equação (11):

$$M_n = \phi f_y A_s \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (11)$$

Onde ϕ é o coeficiente de resistência nominal (igual a 0,9), A_s é a área de aço de reforço, f_y é o esforço de fluência do aço, d é a distância desde a superfície de compressão ao centroide do esforço de tensão e a é a profundidade do bloco de tensões.

A resistência cortante é calculada seguindo a equação (12):

$$V_n = \phi 0.17 \sqrt{f_c} b d \quad (12)$$

Onde ϕ é o coeficiente de resistência nominal (igual a 0,75), V_n é a resistência à compressão do concreto, e b e d são as dimensões da seção.

3 | OTIMIZAÇÃO

Geralmente, os problemas de otimização minimizam uma função objetivo $f(x)$, sujeita às seguintes restrições:

$$\begin{aligned}
g_i(x) &\leq 0 & i=1,2,\dots,p \\
h_j(x) &\leq 0 & j=1,2,\dots,m \\
L_k &\leq X_k \leq U_k & k=1,2,\dots,m \quad (13)
\end{aligned}$$

Onde $g(x)$ são restrições de desigualdade, $h(x)$ são restrições de igualdade, L e U são os limites das variáveis. Nesta seção são descritas a função objetivo e as restrições usadas no presente estudo.

Função objetivo. Com o fim de obter um projeto ótimo usando técnicas metaheurísticas, é necessário definir uma função objetivo $f(x)$. No presente trabalho se usou a proposta de Saribaş (Saribaş e Erbatur, 1996) que está em função do peso dos materiais.

$$f_{\text{peso}} = W_{\text{st}} + 100V_c \gamma_c \quad (14)$$

Onde γ_c é o peso unitário do concreto; e se utiliza o fator 100 para a consistência de unidades (Saribaş e Erbatur, 1996).

3.1 Restrições

O projeto de muros de arrimo seguros e estáveis baseados na ACI 318-05 requer satisfazer certas condições relacionadas com a estabilidade, capacidade e geometria do muro (Camp e Alkin, 2012).

Restrições de estabilidade. As equações (15)-(17) definem a estabilidade do muro de arrimo:

$$FS_0 \geq FS_{0\text{design}} \quad (15)$$

$$FS_S \geq FS_{S\text{design}} \quad (16)$$

$$FS_B \geq FS_{B\text{design}} \quad (17)$$

Onde $FS_{0\text{design}}$, $FS_{S\text{design}}$, $FS_{B\text{design}}$ são os fatores de seguridade prescritos para o volcamento, deslizamento e capacidade de carga.

Restrições de capacidade. Cada seção do muro de arrimo deve ter capacidade de resistir às cargas efetivas. Dois critérios são propostos de acordo com a ACI 318-05

(ACI, 2005),

$$M_n \geq M_d \quad (18)$$

$$V_n \geq V_d \quad (19)$$

Onde M_d e V_d são o momento e a força cortante solicitados, respectivamente, e M_n e V_n são o momento e a força nominal, considerando as forças atuantes na parede do muro e as atuantes na base do mesmo.

Além disso, se devem cumprir com as limitações no reforço:

$$\rho_{\min} = 0.25 \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \geq \frac{1.4}{F_y} \quad (20)$$

$$\rho_{\max} = 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (21)$$

Onde ρ_{\min} e ρ_{\max} são as quantias mínima e máxima de aço, respectivamente; f_c a resistência à compressão do concreto; f_y o esforço de fluência do aço e β_1 é calculado com a seguinte equação de acordo com a norma ACI 318-05:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c \leq 30 \text{MPa} \quad \beta_1 = 0.85 \\ f_c > 30 \text{MPa} \quad \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{7} (f_c - 30) \geq 0.65 \end{array} \right. \quad (22)$$

Restrições de geometria. As restrições de geometria consistem em restrições de limites e de desigualdade definidas para produzir projetos práticos. Para o presente estudo, um conjunto de valores contínuos se considerou para as variáveis X1 até X8 (como se apresenta na Figura 1), e um conjunto de valores discretos se considerou para as variáveis R1 até R4 (como se apresenta na Tabela 1). Para se definir as dimensões do muro não factíveis, são usadas as seguintes restrições de desigualdade de Camp (Camp e Alkin, 2012):

$$X1 \geq X2 + X3 \quad (23)$$

$$X1 \geq X6 + X7 \quad (24)$$

4 | ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO

Antes de sintetizar as características do Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (ASAM), descreve-se brevemente o seu funcionamento básico. *Simulated*

Annealing básico (SA) começa com um determinado estado S. Através de um processo único cria um estado vizinho S' ao estado inicial. Se a avaliação do S' é menor que o S, muda o estado S por S'. Se a avaliação de S' é maior do que S, escolhe-se S' em vez de S, com certa probabilidade que depende da diferença das avaliações e da temperatura do sistema T. A probabilidade de aceitar um estado pior é calculada pela seguinte equação:

$$P(\Delta f, T) = e^{-(\Delta f/T)} \quad (25)$$

Onde P é a probabilidade de aceitar o novo estado; Δf é a diferença das avaliações da função para cada estado; T é a temperatura do sistema; e é o número de Euler.

Inicialmente, com grandes valores para T, frequentemente as soluções são aceitas com um valor da função objetivo maior, conforme o valor de T diminui, tais tipos de soluções são raramente aceitos, e quando T se aproxima de zero, somente aquelas soluções que melhoram a anterior são aceitas. A função de redução de temperatura mais utilizada é $T_{k+1} = T_k \alpha$, onde T_{k+1} é o novo valor de T, T_k corresponde ao valor prévio de T e α é uma constante que está no intervalo [0.8-0.99].

SA começa com uma solução inicial escolhida aleatoriamente no espaço de busca e compara com outra solução que também é estocasticamente selecionada no espaço de busca, o que afeta o algoritmo quando tem funções altamente dimensionais e modais, gerando tempos maiores de buscas e soluções subótimas. Além disso, a probabilidade de aceitação de uma solução inadequada está em um intervalo entre 0 e 1, podendo em temperaturas iniciais fazer que o algoritmo aceite um grande número de soluções de menor qualidade (aumentando o risco de ficar preso em um ótimo local). Neste contexto, o algoritmo ASAM tem três características fundamentais que o tornam diferente em comparação com *Simulated Annealing* clássico. Estas características são:

Exploração Preliminar. Nesta fase o algoritmo executa um varrimento no espaço de busca e está dado pela seguinte matriz:

$$X_{P \times N} = I_{P \times N} X_{\min} + \text{rand}_{P \times N} (X_{\max} - X_{\min}) \quad (26)$$

Onde P são os números de pontos (estados) que são desejados no espaço de busca; N é o número de dimensões do problema; $I_{P \times N}$ é a matriz de identidade de tamanho; X_{\min} é o limite inferior do problema; e X_{\max} é o limite superior do problema.

Para começar o processo de otimização com ASAM, todos os pontos gerados com (26) são avaliados na função objetivo do problema e o menor valor (no caso de procurar o valor mínimo da função) é escolhido como o ponto inicial de busca.

Passo de Busca. A partir do ponto de partida determinado na etapa anterior,

gera-se um passo de busca para determinar o estado vizinho. Este passo depende de um raio de ação que diminui gradualmente à medida que a temperatura do sistema diminui. A transição de ponto inicial ao novo ponto (passo de busca) é realizada por a adição de números aleatórios que estão entre zero e o valor do raio. Isso permite que o algoritmo execute uma exploração global a altas temperaturas e uma exploração local a baixas temperaturas, dando um equilíbrio entre a exploração e exploração do algoritmo.

$$R_{i+1}=R_i \cdot \alpha \quad (27)$$

Onde R_i é o raio inicial; e α é o coeficiente de redução do raio.

Probabilidade de Aceitação. Nesta proposta, a probabilidade de aceitação de uma solução (estado) pior é dada por:

$$P=1/(1+e^{((\Delta f/T))}) \quad (28)$$

Onde P é a probabilidade de aceitar o novo estado; Δf a diferença das avaliações da função para cada estado; T a temperatura do sistema; e e é o número de Euler. Esta probabilidade está em um intervalo entre 0 e 1/2, permitindo ao algoritmo ter um intervalo de aceitação menor de soluções piores. Em resumo, as três modificações propostas em ASAM têm a finalidade de melhorar a exploração inicial, permitir um balanço entre a exploração inicial e final e controlar a convergência na fase final de busca (Millán *et al*, 2014).

5 | PROBLEMAS NUMÉRICOS

Para a validação do desempenho e do trabalho do ASAM, dois problemas exemplo propostos por Saribaş (Saribaş e Erbatur, 1996) foram analisados. O desvio padrão se usou para medir a precisão e a estabilidade do método. Diz-se que um método heurístico de otimização é estável e preciso se seu desvio padrão é baixo. O algoritmo se pode catalogar como robusto quando se é aplicado em diferentes problemas e apresenta uma eficiente precisão. No presente trabalho, cada corrida do algoritmo foi feita 100 vezes (Gandomi *et al*, 2015); e o valor da função, o pior valor da função, a meia e o desvio padrão dos valores são reportados. A implementação do algoritmo foi realizada no Matlab®, usando um sistema operacional Windows 7 (equipamento Intel Core i7-2.4 GHz, 8 GB de memória RAM).

Problema 1. Para o problema 1, o dente não está incluído no projeto do muro. Os valores usados para o Problema 1 estão indicados na Tabela 2. Os limites de valores para as variáveis são apresentados na Tabela 3. A Tabela 4 lista os resultados

das variáveis de projeto, o pior, o melhor, meia e desvio padrão (DP) dos projetos encontrados com o ASAM, comparados com o autor Camp (Camp e Alkin, 2012), que usou o algoritmo Big Bang-Big Crouch (BB-BC). A convergência do algoritmo se mostra na Figura 3.

Parâmetro	Símbolo	Valor		Unidade
		Problema 1	Problema 2	
Altura do muro	H	3,0	4,5	m
Esforço de fluência do aço	f_y	400	400	MPa
Esforço de compressão do concreto	f_c	21	21	MPa
Recobrimento do concreto	CC	7	7	m
Quantidade de aço por contração e temperatura	Pst	0,002	0,002	-
Sobrecarga	q	20	30	kPa
Ângulo de inclinação do aterro	β	10	0	°
Ângulo de atrito do solo do aterro	ϕ	36	28	°
Ângulo de atrito do aterro de fundação	ϕ'	0	34	°
Peso específico do solo do aterro	γ_s	17,5	17,5	kN/m ³
Peso específico do solo de fundação	γ_s'	18,5	18,5	kN/m ³
Peso específico do concreto	γ_c	23,5	23,5	kN/m ³
Coesão do solo de fundação	C	125	0	kPa
Altura de solo na frente do muro	D	0,5	0,3	m
Fator de segurança ao deslizamento	$FS_{0design}$	1,5	1,5	-
Fator de segurança ao volcamento	$FS_{Sdesign}$	1,5	1,5	-
Fator de segurança da base	$FS_{Bdesign}$	3,0	1,5	-

Tabela 2. Parâmetros para os Problemas 1 e 2.

Variáveis	Unidade	Problema 1	
		Limite inferior	Limite superior
X1	m	1,3090	2,3333
X2	m	0,4363	0,7777
X3	m	0,2000	0,3333
X4	m	0,2000	0,3333
X5	m	0,2722	0,3333
X6	m	-	-
X7	m	-	-
X8	m	-	-
R1	-	1	223
R2	-	1	223
R3	-	1	223
R4	-	-	-

Tabela 3. Limite das variáveis de projeto para o Problema 1.

Variáveis	Camp BB-BC	Presente Trabalho
X1 (m)	1,745	1,783
X2 (m)	0,656	0,661
X3 (m)	0,200	0,200
X4 (m)	0,200	0,200
X5 (m)	0,272	0,272
R1	27-10 mm	8-18 mm
R2	10-10 mm	14-10 mm
R3	10-10 mm	10-10 mm
Melhor (kg/m)	2608,30	2608,50
Pior (kg/m)	-	2608,90
Meia (kg/m)	-	2608,70
DP (kg/m)	-	0,128

Tabela 4. Comparação dos resultados para o Problema 1

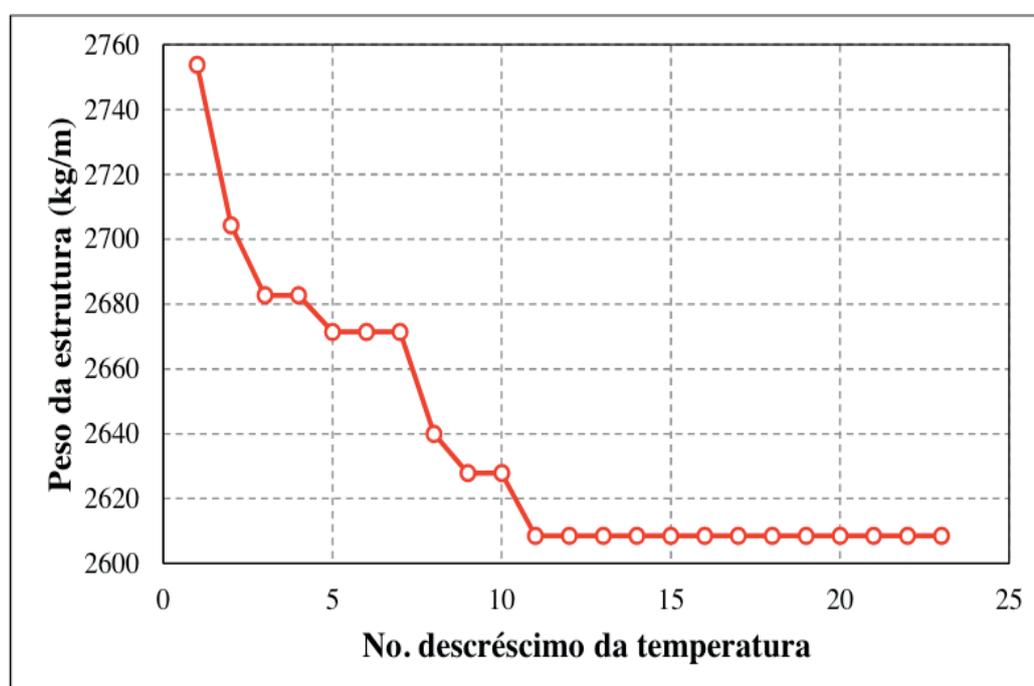


Figura 3. Convergência do Problema 1

Problema 2. Para o segundo problema, dois diferentes casos de projeto são considerados: um sem dente (Caso 1), e um com dente (Caso 2). Usaram-se os parâmetros propostos por Saribaş (Saribaş e Erbatur, 1996), como mostra a Tabela 2. A Tabela 5 mostra os limites das variáveis de projeto. Na série das 100 execuções, os valores das variáveis de projeto, o melhor, o pior, a meia e o DP para o Caso 1 e para o Caso 2 são apresentados na Tabela 6. Os gráficos de convergência para o Caso 1 e o Caso 2 são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Variáveis	Unidade	Problema 2	
		Limite inferior	Limite superior
X1	m	1,96	5,5
X2	m	0,65	1,16
X3	m	0,25	0,5
X4	m	0,25	0,5
X5	m	0,4	0,5
X6	m	1,96	5,5
X7	m	0,2	0,5
X8	m	0,2	0,5
R1	-	1	223
R2	-	1	223
R3	-	1	223
R4	-	1	223

Tabela 5. Limite das variáveis de projeto para o Problema 2

Variáveis	Camp BB-BC		Presente trabalho	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
X1 (m)	4,310	3,760	4,281	3,760
X2 (m)	0,650	0,680	0,650	0,650
X3 (m)	0,410	0,410	0,409	0,409
X4 (m)	0,250	0,250	0,250	0,250
X5 (m)	0,400	0,400	0,400	0,400
X6 (m)	-	0,322	-	0,281
X7 (m)	-	0,200	-	0,200
X8 (m)	-	0,490	-	0,473
R1	22-14 mm	22-14 mm	22-14 mm	22-14 mm
R2	15-10 mm	18-10 mm	16-10 mm	20-10 mm
R3	22-14 mm	20-14 mm	24-14 mm	20-14 mm
R4	-	6-10 mm	-	6-10 mm
Melhor (kg/m)	7821,554-	7525,407-	7822,40	7524,90
Pior (kg/m)	-	-	7824,20	7526,90
Meia (kg/m)	-	-	7823,30	7525,80
DP (kg/m)	-	-	0,511	0,570

Tabela 6. Comparação para os resultados do Problema 2

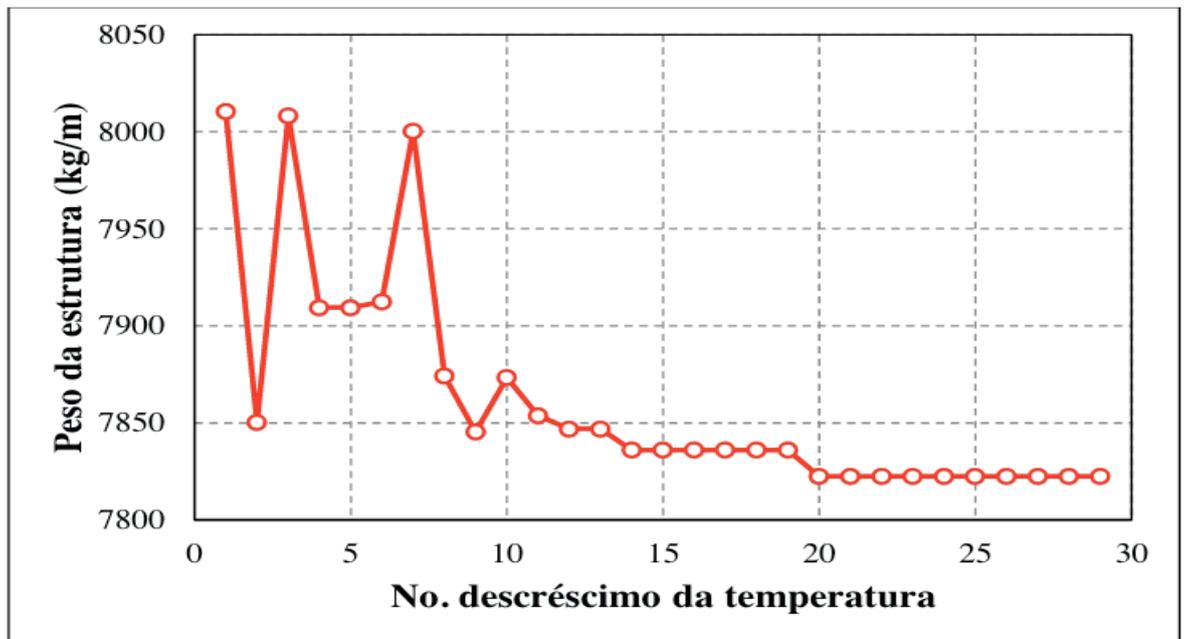


Figura 4. Convergência do Problema 2: Caso 1

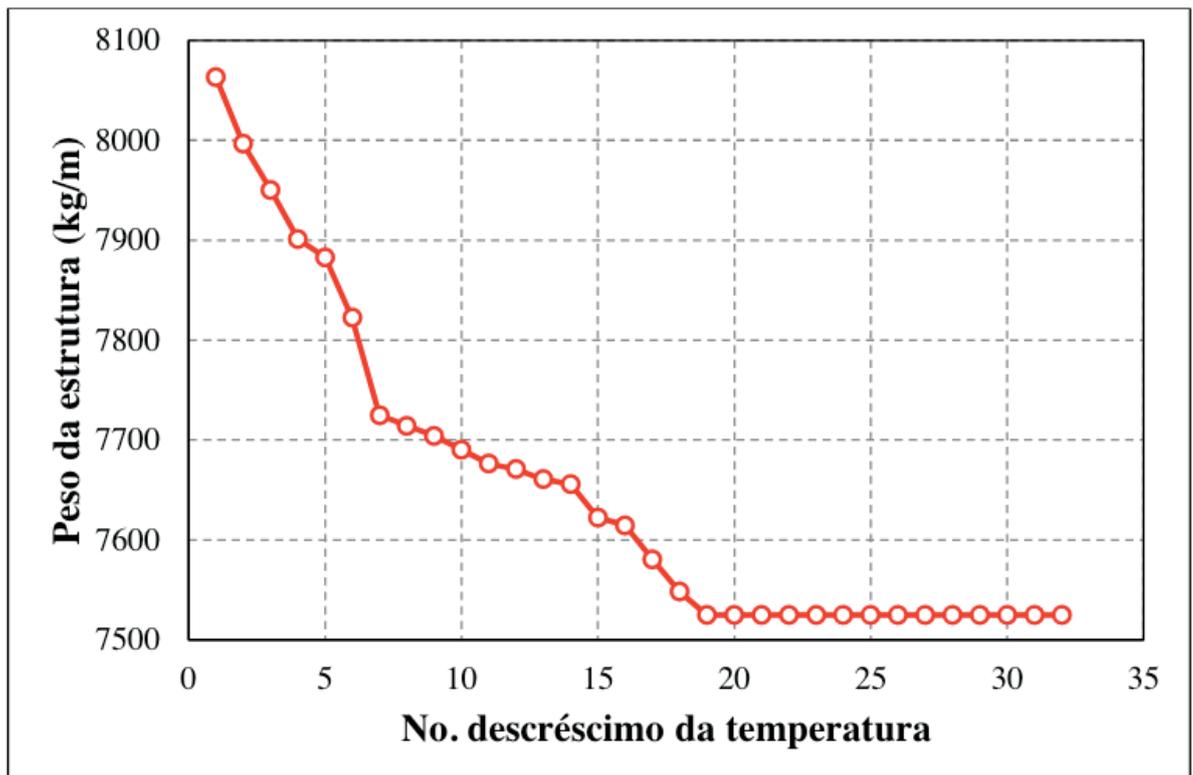


Figura 5. Convergência do Problema 2: Caso 2

Pode-se considerar o ASAM como um algoritmo de otimização robusto porque encontrou valores iguais ou melhores que os reportados por outros autores, os quais trabalharam com os problemas feitos no presente trabalho, como Camp (Camp e Alkin, 2012). O algoritmo ASAM mostra sua excelente capacidade para escapar de valores ótimos locais, pois os problemas analisados têm espaços de busca altamente não lineares e não convexos.

No Problema 1, o melhor valor encontrado pelo algoritmo foi de 2608,6 kg/m,

sendo este resultado igual ao encontrado por Camp, que usou o algoritmo BB-BC. No Problema 2, para o Caso 1, o melhor peso foi de 7826,4 kg/m, sendo este 1 kg mais pesado que o apresentado por Camp; para o Caso 2, denota-se uma superioridade ao projeto apresentado por Camp, pois melhorou em 0,5 kg (7524,9 kg/m no presente trabalho e 7525,407 por Camp).

Através do ponto de vista estatístico, nos dois problemas, os valores de pior, meia e DP indicam a exatidão, precisão, estabilidade e robustez da técnica usada para a resolução de projetos de muros de flexão. Por último, o autor Camp no reportou valores de pior, meia e DP nos seus resultados.

6 | CONDIÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou o desempenho do Algoritmo *Simulated Annealing* Modificado (ASAM). Os resultados encontrados nos problemas desenvolvidos com o algoritmo foram satisfatórios quando comparados com outros autores, que fizeram o mesmo procedimento com outros algoritmos, como realizado por Camp.

Nas Tabelas 4 e 6 observam-se os resultados comparados em paralelo com esse autor, onde se valida o trabalho feito com o ASAM. Também se deve mencionar e enfatizar a precisão, robustez e versatilidade do algoritmo usado para confrontar a diversidade de problemas, com diferentes números de variáveis e restrições, obtendo resultados satisfatórios.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e ao apoio da CAPES.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE. INSTITUTE. Building code requirements for structural concrete and commentary (ACI 318-05), 2005.

BABU, G. S. AND BASHA, B. M. Inverse reliability based design optimization of cantilever retaining walls. **In3rd. Int. ASRAN et Colloquium**, pp. 10-12, 2006.

CAMP, C.V. AND ALKIN, A. Design of Retaining Walls Using Big Bang–Big Crunch Optimization. **J. Struct. Eng.**, vol. 138, no. 3, pp. 438-448, 2012.

DAS, B. M. Principles of geotechnical engineering. Boston: **PWS Publishing**, 1994.

GANDOMI, A. H., KASHANI, A. R., ROKE, D. A., AND MOUSAVI, M. Optimization of retaining wall design using recent swarm intelligence techniques. **Engineering Structures**, 103, 72-84, 2005.

MILLAN, C; BEGAMBRE, A AND MILLAN, E. Propuesta y validación de un algoritmo Simulated annealing modificado para la solución de problemas de optimización. **Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing.**.Vol. 30, no. 4, p. 264–270, 2014.

MILLAN-PARAMO C, FILHO J. Modified simulated annealing algorithm for optimal design of steel structures. **Rev int métodos numér cálc diseño ing** 35:1–12, 2019a.

MILLAN-PARAMO, C, ABDALLA FILHO, J.E. Size and Shape Optimization of Truss Structures with Natural Frequency Constraints Using Modified Simulated Annealing Algorithm, **Arab J Sci Eng** <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04138-5>, 2019b.

SARIBAŞ, A AND ERBATUR, F. Optimization and sensitivity of retaining structures. **J. Geotech. Eng.**, vol. 122, no. 8, pp. 649-656, 1996.

TALBI, E. G. Metaheuristics: from design to implementation. **John Wiley & Sons**, vol 74, 2009.

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS GPS GEODÉSICO E GARMIN EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Data de aceite: 03/02/2020

Eduardo Vinícius Franco da Silva

Aluno de Graduação em Agronomia do Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado.

Machado-MG

Gustavo Souza Rodrigues

Engenheiro Agrônomo, Professor do Curso de Agronomia do Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado.

Machado- MG

Projeto do Trabalho de Conclusão do Curso do Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado

RESUMO: Para realizar medições de terrenos são utilizados aparelhos de GPS. Os principais tipos de GPS utilizados para medição de terrenos são os Geodésicos e os GPS de Navegação. É fundamental que aparelhos de GPS possuam uma precisão adequada para as atividades que são realizadas com ele. Tendo em vista a hipótese de que as precisões dos GPS são diferentes, foi formulada a hipótese do presente estudo: Existe diferença de precisão no levantamento topográfico em função do método utilizado. Para embasar o referencial teórico, foi realizada uma revisão bibliográfica qualitativa de artigos acadêmicos a respeito do tema proposto. O estudo de campo foi realizado no município de Poços de Caldas, Minas

Gerais, no Sítio Boa Vista do Rio Pardo. Foi realizado um levantamento topográfico, onde foram coletados 23 pontos de uma propriedade rural. Para a interpretação da imagem de satélite, foi utilizado o software Topograph. Os modelos de GPS utilizados serão o Garmin Etrex 30x e o Gns Hi-target V30 Rtk - Gps Geodésico. Com o auxílio do software AutoCad foi realizado o desenho do formato da área conforme as coordenadas dos dois aparelhos. Em seguida, foi calculada a diferença de nível entre os pontos coletados pelos equipamentos e realizada a comparação das diferenças de medição. A estação total mostrou-se mais precisa que o GPS Garmin. Entretanto, essa diferença de precisão pode ser considerada irrelevante para levantamentos topográficos que não necessitem de alta precisão. Para cálculos de áreas que não necessitem de alta precisão, ambos os equipamentos podem ser utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas; orientação; nivelamento topográfico; distâncias

COMPARISON BETWEEN GEODETIC AND GARMIN GPS METHODS IN TOPOGRAPHIC SURVEYS

ABSTRACT: For land measurements, GPS devices are used. The main types of GPS used for land measurement are Geodetic and

Navigation GPS. It is essential that GPS devices have an adequate accuracy for the activities that are performed with it. Considering the hypothesis that the GPS accuracy is different, the hypothesis of the present study was formulated: There is a difference in precision in the topographic survey as a function of the method used. To support the theoretical framework, a qualitative bibliographic review of academic articles about the proposed theme was performed. The field study was conducted in Poços de Caldas, Minas Gerais, at Boa Vista do Rio Pardo. A topographic survey was performed, where 23 points were collected from a rural property. For satellite image interpretation, Topograph software was used. The GPS models used will be the Garmin Etrex 30x and Gns Hi-target V30 Rtk - Geodetic Gps. With the aid of AutoCad software, the area format was designed according to the coordinates of the two devices. Then, the level difference between the points collected by the equipment was calculated and the measurement differences compared. The total station was more accurate than Garmin GPS. However, this difference in accuracy may be considered irrelevant for topographic surveys that do not require high accuracy. For calculations of areas that do not require high precision, both devices can be used.

KEYWORDS: Areas; guidance; topographic leveling; distances

1 | INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade houve a necessidade de o homem conhecer as características do terreno onde habitava. Seja pelo fato de cultivar um estilo de vida nômade, seja pela necessidade de desenvolver técnicas agrícolas, dentre outros fatores.

Várias tecnologias de localização geográfica foram criadas nos últimos séculos. Hoje, a tecnologia permite que a cada instante o homem se localize no globo terrestre, identificando qualquer ponto sobre a superfície e também na atmosfera, através de sinalizadores que se intercomunicam.

O GPS (Sistema de Posicionamento Global, em inglês) que utilizamos hoje foi concebido, a princípio, para uso militar, usado, inicialmente, durante a Guerra do Golfo. Segundo Carvalho (2019), a configuração atual do GPS foi feita em 1994 e, a partir daí foi possível integrá-lo totalmente às operações de levantamentos terrestres. Desde então, o GPS tornou-se uma das principais ferramentas junto com os outros métodos de levantamentos geográficos.

Dentre os tipos de GPS conhecidos, existem várias diferenças e o uso é distinto, afinal cada aparelho funciona de uma maneira própria. Sendo assim, a hipótese desse estudo se baseia no fato de que o GPS geodésico é bem mais preciso que os demais.

2 | HIPÓTESE

Tendo em vista a hipótese de que as precisões dos GPS são diferentes, foi formulada a hipótese do presente estudo: Existe diferença de precisão no levantamento topográfico em função do método utilizado.

3 | PROBLEMATIZAÇÃO

O estudo se norteou pela seguinte problemática: de que forma podemos auferir a diferença de precisão entre os gps geodésico e de navegação?

4 | JUSTIFICATIVA

É fundamental que aparelhos de GPS possuam uma precisão adequada para as atividades que são realizadas com ele. Como ressalta Alves (2006), a precisão é essencial na operação do GPS. “Um erro de um microssegundo (10⁻⁶ segundos) no registro do lapso de tempo desde a transmissão até a sua recepção resulta num erro de 300 metros.” (ALVES, 2006, p. 19)

Sendo assim, este estudo se justifica pela grande relevância do tema do ponto de vista prático e para enriquecimento do debate acadêmico no que tange o assunto.

5 | OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Avaliar a precisão dos aparelhos nos trabalhos topográficos realizados.

5.2 Objetivos Específicos

- a) Entender o que são os diferentes tipos de gps
- b) Realizar medições em campo com os diferentes modelos de gps estudados
- c) Analisar quais são as principais diferenças de precisão entre os modelos estudados.

6 | REVISÃO DE LITERATURA

Como salienta Santos (2017), é cada vez mais necessário se utilizar de sistemas de mensuração das superfícies da terra, devido às profundas mudanças que vem ocorrendo sobre sua superfície e o aumento dos estudos científicos a respeito dela. As tecnologias recentemente desenvolvidas que auxiliam nos trabalhos de campo são imagem de satélite e GPS (do inglês, Global Positioning System).

Segundo Godoy (1988) apud Grando (2014), a Topografia se baseia na descrição de um lugar. Deriva do grego *topus* (lugar) e *graphein* (descrição). A topografia tem por objetivo determinar contorno, dimensões e a posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a esfericidade da Terra.

Através do GPS, os pontos podem ser localizados de forma rápida e exata através da superfície da Terra, devido a medição de distâncias dos satélites. A localização de pontos sobre a Terra e a distância entre esses pontos podem ser determinadas com exatidão igual ou melhor, pela medição de distâncias para satélites a milhares de quilômetros afastados no espaço. (MMCORMAC, 2007)

Para realizar medições de terrenos são utilizados aparelhos de GPS. Os principais tipos de GPS utilizados para medição de terrenos são os Geodésicos e os GPS de Navegação.

Grando (2014) destaca que um dos principais usos das imagens de satélite é para a identificação de objetos por meio de interpretação, em que a coleta de dados in loco, em muitos casos, fica a critério, cabendo ao técnico que as interpreta, a máxima exatidão na identificação. (GRANDO, 2014)

6.1 Sensoriamento Remoto

Como ressalta Amorim (2012) o Sensoriamento Remoto é uma das tecnologias de grande importância para a manipulação de dados e imagens à distância. Ela dispensa a necessidade de ir ao campo para realizar as medições. Vale ressaltar, que esse instrumento não retira o mérito do trabalho realizado no campo para o estudo científico.

Novo (1988, p. 01) destaca que “o Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles” (NOVO apud AMORIM, 2012, p. 02). Essa técnica se dá “através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação” (LILLSAND & KIEFER, 1994 apud INPE, 2018, p. 03).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2018) ainda define que os dados são coletados remotamente através de diversas formas:

- a) variação na distribuição de forças;
- b) variação na distribuição de ondas mecânicas;
- c) variação na distribuição de ondas eletromagnéticas.

Sendo assim, o Sensoriamento Remoto pode ser definido como a observação do planeta através da utilização de sensores de observação acima do solo. Esses sensores podem ser câmeras que “enxergam” não somente a luz visível, mas também a radiação em outros comprimentos de onda como o infravermelho e as microondas,

por exemplo.

6.2 Sistema de Posicionamento Global por Satélite (GPS)

Como ressalta Silva (2002), o emprego de aparelhos para determinar localização de objetos surgiu em 1912, com o uso de aparelhos de rádio-navegação, empregados pela marinha norte-americana. “Após a segunda guerra, no entanto, a marinha norte americana se preocupou em desenvolver um sistema mais preciso e absoluto para localizar e posicionar seus navios” (SILVA, 2002)

Basicamente, o GPS funciona através da obtenção da distância de dois pontos, sendo um conhecido e outro usado como referência. Através da triangulação, a posição de um objetivo é determinada por 3 referências. Uma quarta referência adiciona a componente altitude, permitindo maior precisão na identificação e localização do objeto. (GUERREIRO, 2002)

De acordo com Carvalho (2019), o sistema GPS é dividido em três segmentos funcionais distintos:

- a) Segmento espacial;
- b) Segmento de controle;
- c) Segmento do usuário.

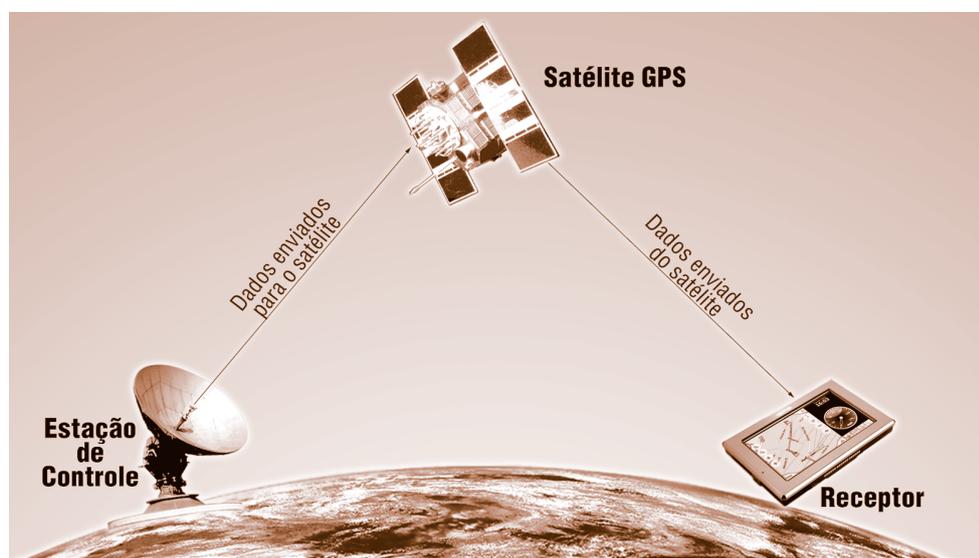


Figura 1 - Segmentos do Sistema GPS

Fonte: Carvalho (2019)

O segmento espacial é composto por 24 satélites em uso e 4 sobressalentes, além de outros que estão no solo e prontos para serem lançados. O segmento de controle, segundo Carvalho (2019) tem o objetivo de monitorar, corrigir e garantir o funcionamento do sistema. O segmento possui um centro de controle e vários centros de monitoração de sinais dos satélites. Com base nesses dados, modifica parâmetros

orbitais, caso seja necessário. Já o segmento do usuário se constitui em receptores e referem-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados.

6.3 Sistemas de localização alternativos ao GPS

Existem alguns sistemas que são alternativos ao GPS. O GPS foi criado em 1995 para fins militares, mas desde 2015 existem outros sistemas alternativos:

- GPS - operado pelo Departamento de Defesa dos EUA
- Glonass - O sistema nasceu a partir de uma necessidade da Rússia em se tornar mais independente do GPS convencional norte-americano, o que iria reduzir os custos operacional de diversos setores da indústria russa.
- Beidou - operado pelo Ministério da Defesa Nacional – apenas China e as regiões circundantes (TABTV, 2019)

De acordo com GTA-UFRJ (2019) os erros nos sistemas GPS podem ter várias origens. Os mais comuns são: erros nos satélites, erros nos receptores e erros no meio.

Apesar de possuir uma precisão alta, o relógio dos satélites pode possuir muitos erros e um erro mínimo traz uma variação enorme na medição da posição. Devido a esse fator, os satélites devem ser constantemente monitorados e corrigidos por estações de controle.

Apesar das posições serem matematicamente calculadas, os satélites podem acabar sofrendo pequenas variações de posição devido a inúmeros fatores. Um erro que pode acontecer é a velocidade de propagação do sinal no meio. Ela não é constante e varia do dia para a noite, em dias mais quentes, e em diversas situações. O receptor GPS calcula a distância a partir de uma velocidade constante, o que gera alguns erros na medição. (GTA-UFRJ, 2019)

De acordo com Maxwell (2019), cada GPS transmite duas ondas portadoras chamadas de L1 e L2. Essas ondas são geradas através de uma frequência fundamental de 10,23 MHz, a qual é multiplicada por 154 e 120, respectivamente.

Os valores associados às ondas portadoras são:

- L1 = 1575,42 MHz de frequência e 19 cm de comprimento de onda
- L2 = 1227,60 MHz de frequência e 24 cm de comprimento de onda.

Ainda segundo Maxwell (2019), a disponibilidade das frequências portadoras permite uma melhor correção do erro de GPS conhecido como retardo ionosférico. Todos os satélites transmitem as mesmas frequências L1 e L2. Entretanto, o código de modulação é diferente em cada um deles, o que faz com que haja interferências

do sinal.

Os sistemas de GPS mais modernos transmitem dois códigos adicionais, chamados de L2 civil moderate e L2 civil long. Esses códigos são normalmente chamados de códigos PRN porque se assemelham a sinais aleatórios, mas que são gerados usando algoritmos matemáticos.

6.4 Precisão do Sistema de GPS

Carvalho (2019) destaca que a precisão de uma medida GPS é função de diversos fatores, os quais se associam às especificações de cada sistema, além das condições operacionais e também do receptor.

De acordo com Franco (2009), todo tipo de medição ou aparelho é passível de possuir erros. No caso de observações com receptor GPS, os erros são devidos à diminuição da intensidade dos sinais dos satélites quando eles atravessam a atmosfera. Outro erro que pode ocorrer é quando o sinal GPS é refletido por objetos como prédios altos ou montanhas, antes de alcançarem o receptor. Esse erro é chamado de “erro por sinal com múltiplos caminhos”. Ele pode ocorrer quando se aumenta o tempo que o sinal leva do satélite até o receptor.

Outro erro comum são os erros de órbita: Também conhecidos como erros de efeméride; os erros de órbita representam erros nas informações das posições dos satélites.

Ainda segundo Franco (2009), um outro erro de precisão pode ocorrer quanto à geometria dos satélites: Refere-se à posição relativa dos satélites em um dado instante. Segundo o autor, “A geometria ideal dos satélites é alcançada quando estão localizados em grandes ângulos em relação a outros satélites. Uma geometria ruim de satélites ocorre quando estão alinhados em linha reta ou num grupo muito unido.” (FRANCO, 2009, p. 03)

Como salienta Carvalho (2019), a diferença entre o GPS geodésico e o de navegação é bastante significativa, apesar de ser pequena. A utilização desses diferentes modelos é distinta também, afinal cada aparelho funciona de uma maneira própria para te dar coordenadas no campo.

7 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para embasar o referencial teórico, foi realizada uma revisão bibliográfica qualitativa de artigos acadêmicos a respeito do tema proposto. Foram coletados artigos de 2000 a 2019 selecionados de acordo com a relevância dos mesmos. Nesses artigos foram levantados conceitos, definições e conteúdos, a fim de traçar propostas e estratégias para o tema proposto.

O estudo de campo foi realizado no município de Poços de Caldas, Minas Gerais, no Sítio Boa Vista do Rio Pardo. Foi realizado um levantamento topográfico, onde

foram coletados 23 pontos de uma propriedade rural.

Para a interpretação da imagem de satélite, foi utilizado o software Topograph. Os modelos de GPS utilizados serão o Garmin Etrex 30x e o Gns Hi-target V30 Rtk - Gps Geodésico.

Com o auxílio do software AutoCad foi realizado o desenho do formato da área conforme as coordenadas dos dois aparelhos. Em seguida, foi calculada a diferença de nível entre os pontos coletados pelos equipamentos e realizada a comparação das diferenças de medição.

8 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os dados obtidos nos dois equipamentos, verificou-se que não houve diferença nos formatos dos desenhos. Entretanto, as coordenadas dos vértices foram diferentes em cada um dos aparelhos. A imagem a seguir ilustra os dois desenhos das áreas nos equipamentos.

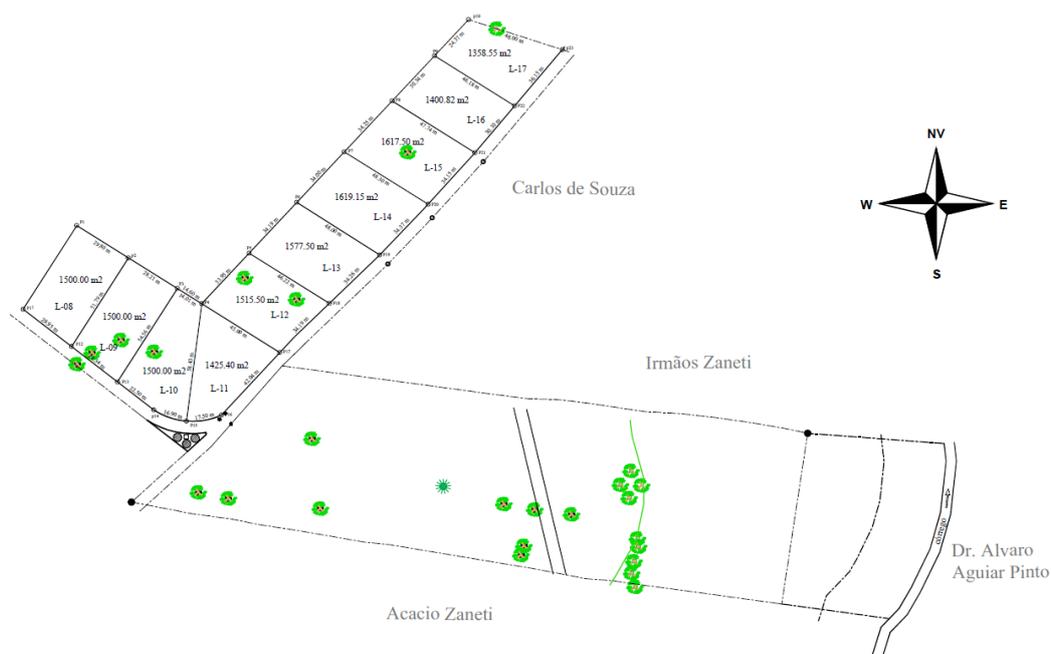


Tabela 1 - Estação Total

Fonte: Próprio Autor (2019)

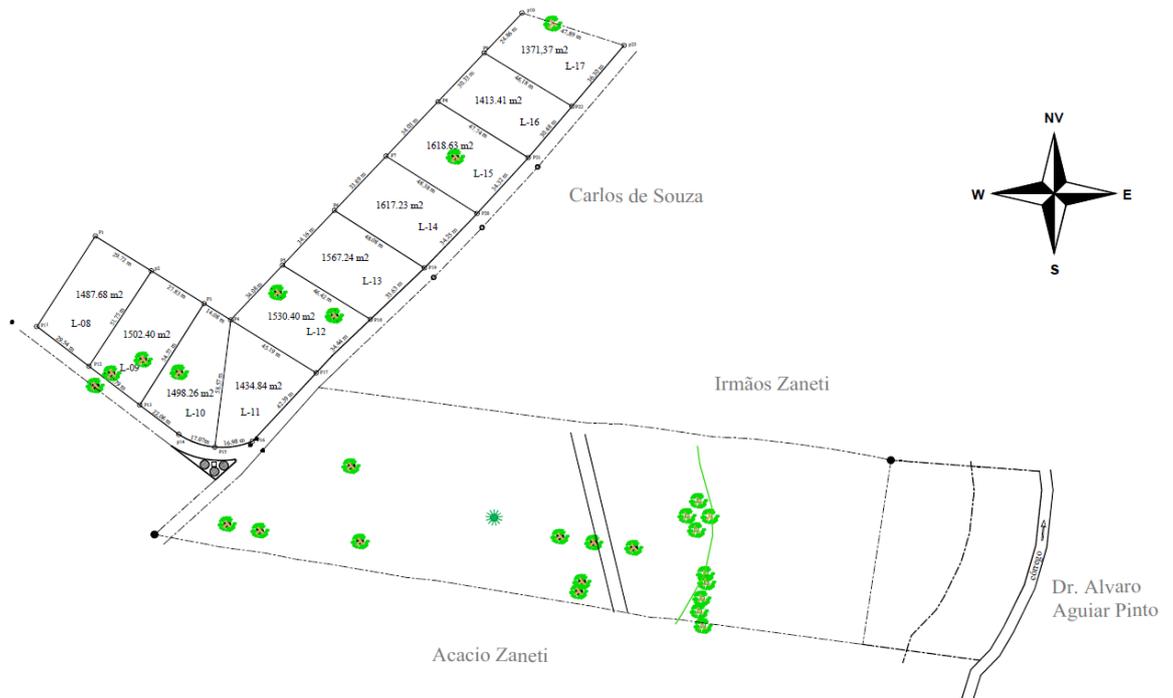


Tabela 2 - GPS GARMIN Etrex Vista

Fonte: Próprio Autor (2019)

A tabela a seguir ilustra a diferença das medições nos dois aparelhos:

ESTAÇÃO TOTAL			GPS GARMIN ETREX VISTA			DIFERENÇA
Ponto	X	Y	Ponto	X	Y	
P1	347.569,64	7.592.293,14	P1	347.569,85	7.592.292,82	0,40 m
P2	347.594,82	7.592.277,19	P2	347.594,97	7.592.276,94	0,26 m
P3	347.618,64	7.592.262,10	P3	347.618,47	7.592.262,02	0,15 m
P4	347.630,48	7.592.254,60	P4	347.630,41	7.592.254,54	0,09 m
P5	347.653,57	7.592.279,49	P5	347.653,61	7.592.279,50	0,02 m
P6	347.676,80	7.592.304,57	P6	347.676,86	7.592.304,53	0,11 m
P7	347.699,94	7.592.329,49	P7	347.699,93	7.592.329,35	0,16 m
P8	347.723,23	7.592.354,60	P8	347.723,17	7.592.354,21	0,44 m
P9	347.743,86	7.592.376,84	P9	347.743,81	7.592.376,57	0,28 m
P10	347.760,44	7.592.394,71	P10	347.760,74	7.592.394,78	0,34 m
P11	347.543,49	7.592.251,86	P11	347.543,72	7.592.251,49	0,47 m
P12	347.567,10	7.592.233,44	P12	347.567,03	7.592.233,35	0,13 m
P13	347.589,45	7.592.216,01	P13	347.589,73	7.592.215,63	0,58 m
P14	347.607,18	7.592.202,15	P14	347.607,23	7.592.202,19	0,69 m
P15	347.623,02	7.592.196,64	P15	347.623,30	7.592.196,41	0,38 m
P16	347.640,03	7.592.199,58	P16	347.640,07	7.592.199,05	0,59 m
P17	347.668,50	7.592.230,52	P17	347.668,66	7.592.230,36	0,25 m
P18	347.692,61	7.592.254,76	P18	347.692,92	7.592.254,79	0,29 m
P19	347.717,18	7.592.278,63	P19	347.692,92	7.592.278,22	1,41 m
P20	347.740,75	7.592.303,64	P20	347.740,59	7.592.303,10	0,34 m
P21	347.763,56	7.592.329,05	P21	347.763,50	7.592.328,66	0,44 m
P22	347.782,88	7.592.352,13	P22	347.783,01	7.592.352,07	0,12 m
P23	347.806,08	7.592.379,85	P23	347.806,28	7.592.379,94	0,23 m
Média						0,35 m

Tabela 3 - Diferenças de medições da estação total e do GPS Garmin

Fonte: Próprio Autor (2019)

Quanto ao cálculo da área, verificou-se uma diferença média de 0,55% na área medida entre os dois equipamentos. A tabela a seguir ilustra os diferentes parcelamentos da área (L8 a L17) e suas respectivas áreas medidas.

ÁREA				
	ESTAÇÃO TOTAL	GARMIN	DIFERENÇA	
L8	1500,00 m ²	1487,68 m ²	12,32 m ²	0,82%
L9	1500,00 m ²	1502,40 m ²	2,40 m ²	0,16%
L10	1500,00 m ²	1498,26 m ²	1,74 m ²	0,12%
L11	1425,00 m ²	1434,84 m ²	9,84 m ²	0,69%
L12	1515,50 m ²	1530,40 m ²	14,90 m ²	0,98%
L13	1577,50 m ²	1567,24 m ²	10,26 m ²	0,65%
L14	1619,15 m ²	1617,23 m ²	1,92 m ²	0,12%
L15	1617,50 m ²	1618,63 m ²	1,13 m ²	0,07%
L16	1400,82 m ²	1413,41 m ²	12,59 m ²	0,90%
L17	1358,55 m ²	1371,37 m ²	12,82 m ²	0,94%
		Média	7,99 m ²	0,55%

Tabela 4 - Áreas medidas nos dois equipamentos

Fonte: Próprio Autor (2019)

No cálculo da área, houve uma diferença de 7,99m² entre os parcelamentos L8 a L17, representando 0,55% de diferença no cálculo das áreas.

Conforme Júnior et al. (2008), em desenhos de áreas agrícolas, para plantas planialtimétricas, curvas de nível distanciadas de 1 a 2m, projetar sistemas de irrigação por aspersão e localizada, o GPS de navegação pode ser considerado um equipamento suficiente, não havendo necessidade de um GPS de alta precisão.

Conforme ilustrado na tabela a seguir, houve uma diferença de 0,22m no cálculo das distâncias entre os pontos medidos, representando uma média de 0,79% no cálculo das distâncias entre os dois modelos de equipamentos utilizados.

DISTÂNCIA ENTRE OS PONTOS					
P		ESTAÇÃO TOTAL	GARMIN	DIFERENÇA	
1	2	29,80	29,72	0,08 m	0,27%
2	3	28,21	27,83	0,38 m	1,35%
3	4	14,60	14,08	0,52 m	3,56%
4	5	33,95	34,08	0,13 m	0,38%
5	6	34,19	34,16	0,03 m	0,09%
6	7	34,00	33,89	0,11 m	0,32%
7	8	34,25	34,03	0,22 m	0,64%
8	9	30,34	30,33	0,01 m	0,03%
9	10	24,37	24,86	0,49 m	2,01%
10	23	48,00	47,89	0,11 m	0,23%
23	22	36,15	36,3	0,15 m	0,41%
22	21	30,10	30,48	0,38 m	1,26%
21	20	34,15	34,32	0,17 m	0,50%
20	19	34,37	34,25	0,12 m	0,35%
19	18	34,26	33,63	0,63 m	1,84%
18	17	34,19	34,44	0,25 m	0,73%
17	16	42,04	42,39	0,35 m	0,83%
16	15	17,50	16,98	0,52 m	2,97%
15	14	16,90	17,07	0,17 m	1,01%
14	13	22,50	22,06	0,44 m	1,96%

13	12	28,34	28,79	0,45 m	1,59%
12	11	29,95	29,59	0,36 m	1,20%
12	2	51,79	51,75	0,04 m	0,08%
13	3	54,56	54,57	0,01 m	0,02%
15	4	58,43	58,57	0,14 m	0,24%
17	4	45,00	45,19	0,19 m	0,42%
18	5	46,22	46,42	0,2 m	0,43%
19	6	48,00	48,08	0,08 m	0,17%
20	7	48,30	48,38	0,08 m	0,17%
21	8	47,74	47,74	0 m	0,00%
22	9	46,18	46,18	0 m	0,00%
23	10	48,00	47,89	0,11 m	0,23%
			Média	0,22 m	0,79%

Tabela 5 - Distância entre os pontos

Fonte: Próprio Autor (2019)

A estação total mostrou-se mais precisa que o GPS Garmin. Entretanto, essa diferença de precisão pode ser considerada irrelevante para levantamentos topográficos que não necessitem de alta precisão.

9 | CONCLUSÕES

Constatou-se que houve diferença na localização exata da coordenada dos vértices, sendo que a estação total se mostrou mais precisa que o GPS Garmin. Entretanto, para cálculos de áreas e perímetros, a diferença pode ser considerada irrelevante entre os dois equipamentos.

Para cálculos de áreas que não necessitem de alta precisão, ambos os equipamentos podem ser utilizados. Este estudo concorda com outros estudos semelhantes realizados anteriormente, como De Souza (2014), Araújo (2018) e Rodrigues (2006).

REFERÊNCIAS

ALVES, S. **A matemática do GPS. Revista do professor de matemática**, v. 59, p. 17-26, 2006.

AMORIM, D.; SILVA, P. **Sensoriamento remoto e suas técnicas de análise: uma comparação entre novas e velhas tecnologias, um estudo de caso sobre a tecnologia lidar (o mapeamento de território através das árvores)**. XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária—“Territórios em disputa: Os desafios da Geografia Agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro”, Uberlândia, p. 15-19, 2012.

ARAÚJO, G. M. et al. **AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE DIFERENTES DISPOSITIVOS GNSS/ EVALUATION OF THE ACCURACY OF DIFFERENT GNSS DEVICES**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 12, n. 2, p. 212-222, 2018.

CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C. **Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS**. 2019. UNIDS UEPB. Disponível em: < http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia_PAR_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Leituras_Cartograficas_II/Le_Ca_II_A08_MZ_GR_260809.pdf > Acesso em: 26 ago. 2019 às 08:40.

- DE SOUSA, Thiago Pereira et al. **Avaliação comparativa entre receptores de GPS no levantamento de dados topográficos**. AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO, v. 10, n. 3, p. 77-81, 2014.
- DE SOUZA SANTOS, R. et al. **Utilização de receptor de sinal de gps de navegação como ferramenta de apoio à atividade agropecuária**. ENERGIA NA AGRICULTURA, v. 31, n. 1, p. 97-101, 2016.
- FRANCO, T. C. R. Análise da precisão no posicionamento com um receptor GPS de navegação. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 3, 2009.
- GRANDO, D. L.; LAND, V.; RHODEN, A. C. **Levantamentos Topográficos–Estação Total x GPS RTK**. Simpósio De Agronomia E Tecnologia De Alimentos, v. 1, p. 1-5, 2014.
- GTA-UFRJ. **Limitações, erros e precisão. 2019**. Disponível em: < https://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/gps/erros.htm > Acesso em 10 set. 2019 às 18:28.
- INPE. **Sensoriamento Remoto: Conceitos fundamentais e plataforma**. 2018. Disponível em: < www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/ronald_ceos.pdf > acesso em 30 jul. de 2019 às 13:38.
- JÚNIOR, F. A. M.; COSME, C. R.; MEDEIROS, F. **Nivelamento utilizando o GPS**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Anais... Recife-PE, 2008.
- MAXWELL, 2019. **Introdução ao Sistema GPS**. Disponível em: < https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/37567/37567_3.PDF > Acesso em 12 set. 2019 às 12:12.
- MCCORMAC, J. C. **Topografia**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007
- MENEZES, R. R. V. **ANÁLISE DO GNSS PPP MULTI-CONSTELAÇÕES COM USO DOS SISTEMAS GPS, GLONASS E GALILEO**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa
- RODRIGUES, Vilmar A. et al. **Receptores GPS de três precisões e estação total na caracterização de cotas básicas para projetos rurais**. Engenharia Agrícola, p. 208-214, 2006.
- SANTOS, H. R. **Comparação entre os métodos GPS e imagem de satélite em levantamentos de áreas florestais**. 2017.
- SILVA, S. T. da. **Análise Comparativa entre equipamentos eletrônicos (GPS) para levantamento de dados topográficos**. 2002. Disponível em: < <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/SERGIO%20TEIXEIRA%20DA%20SILVA.pdf> > Acesso em 24 ago. 2019 às 13:56.
- TABTV. **Sistemas de localização alternativos ao gps, GPS, Glonass, Beidou, Galileo**. 2019. Disponível em: < <http://pt.tab-tv.com/?p=12962> > Acesso em 10 ago. 2019 às 18:28.

GERENCIAMENTO DE QUALIDADE DE PROJETO: COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DOS CUSTOS DE SERVIÇOS DE MÃO-DE-OBRA

Data de aceite: 03/02/2020

Hamohhamed Henrik Santana Carvalho

Discente de Engenharia Civil, UNIFIMES – Centro
Universitário de Mineiros
E-mail: hamohhamedeng@gmail.com

Lízia Sousa Alves

Discente de Engenharia Civil, UNIFIMES -Centro
Universitário de Mineiros
E-mail: lizia_sousa_@hotmail.com

Wilker David de Oliveira

Discente de Engenharia Civil, UNIFIMES -Centro
Universitário de Mineiros
E-mail: wilker13david@gmail.com

Selma Araújo Carrijo

Professora orientadora, UNIFIMES – Centro
Universitário de Mineiros
E-mail: selma@unifimes.edu.br

Resumo revisado pela professora orientadora, Prof.
Selma Araújo Carrijo

PALAVRAS-CHAVE: Insumos. Mão-de-Obra.
Produtividade. Gestão. Orçamento.

1 | INTRODUÇÃO

Desde 1990, segundo Souza R. e Abiko A. (1997), a área da construção civil vem passando por modificações aceleradas. Concebendo-

se, dessa maneira, uma nova existência adequada a empresas do ramo. Uma das principais consequências dessas mudanças é a amplificação da competitividade e exigências no mercado, decorrendo então em obstáculos desafiadores para empresas do ramo onde, na época, deveriam se adaptar ao novo mercado na mesma medida em que as necessidades evoluíssem.

A partir daí, o planejamento e a gestão de um projeto passam a ter essencial relevância, fatores que antes, segundo Souza R. e Abiko A. (1997), situavam-se em segundo plano. O monitoramento dos custos, dos resíduos e dos retrabalhos no setor da construção civil.

Habitadas com a antiga economia onde o valor final do projeto era o somatório dos lucros arbitrados pelas empresas com os custos de produção (serviços, mão-de-obra, materiais, etc.), as firmas da construção civil enfrentam uma nova formulação para a economia, onde se obtém o lucro através da diferença dos valores desempenhados pelo mercado pelos gastos diretos e indiretos admitidos no processo de execução do projeto.

Algumas técnicas foram criadas, então, objetivando a redução de custos e mensuração de insumos, para que, dessa forma, seja possível atribuir um valor próximo do real ao

projeto e possibilitando, assim, a prevenção de eventuais prejuízos para a empresa. No que diz respeito a insumos, inclui-se a quantificação de materiais, mão-de-obra e equipamentos, bem como cita González, M. A. S., 2008.

O fomento deste trabalho manifesta-se, então, nessa etapa da elaboração de um orçamento discriminado, onde há a necessidade de se realizar uma quantificação prévia da mão-de-obra com o intuito de determinar custos e, assim, alcançar o objetivo do orçamento que é definir o valor final do projeto.

2 | BASE TEÓRICA

A implementação dos sistemas de gestão de qualidade está ligada a motivações referentes a melhoria na organização interna, aumento da produtividade, acompanhamento de tendência do mercado e o monitoramento de custos.

O planejamento da construção segundo González (2008), consiste na organização para a execução e inclui o orçamento que contribui para a compreensão das questões econômicas.

“O orçamento é uma estimativa de custos em função da qual o construtor irá atribuir seu preço de venda – este, sim, bem estabelecido.” (Mattos, 2011 p. 22)

Existem vários tipos de orçamentos, e o padrão escolhido depende da finalidade e da disponibilidade de dados, o orçamento discriminado um destes é mais preciso exigindo assim uma quantidade maior de informações o qual retrataremos.

Para a execução de orçamentos, muitas vezes, baseia-se em composições de custos genéricas estabelecidas em tabelas e livros, mas a realização de ajustes deve ser realizada pois mesmo que embasados em observações da realidade em dado local e momento, não serão perfeitamente ajustadas a uma empresa em particular.

A despeito disso González (2008), afirma que os ajustes necessários devem ser realizados através de apropriação de custos, uma verificação in loco dos custos efetivos de execução de serviços, com a medição de materiais e equipamentos utilizados e o tempo de cada tarefa.

3 | OBJETIVO GERAL

Realizar análise comparativa dos métodos de cálculos utilizados na confecção de cronogramas para obtenção da duração das etapas construtivas do projeto com durações coletadas de uma obra.

4 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discorrer sobre gerenciamento de qualidade;

- Explanar sobre os métodos existentes para cálculo da duração das etapas construtivas de um projeto.

5 | MATERIAIS E MÉTODOS

Visando atingir o objetivo deste trabalho, será realizado um estudo de caso, onde serão comparadas as mensurações prévias que a literatura nos permite realizar para quantificar a duração dos serviços realizados pela mão-de-obra, com dados reais de um projeto realizado por uma empresa na cidade de Mineiros-Go, onde se utilizará de relatórios desenvolvidos (Diários de Obra) e de inventário fotográfico, ambos, elaborados e fornecidos pela empresa.

Mattos, A. D., 2010 afirma que a má definição da duração das etapas de um projeto pode comprometer todo o planejamento da obra, uma vez que a duração dos processos equivale à um dado numérico de tempo em função do qual serão obtidos o cronograma e o orçamento discriminado da obra. Quando há uma má atribuição de valores para tal dado atribuído a um determinado processo, acarreta-se em desproporcionalidade dos valores reais de insumos necessários para a execução desse processo.

Tendo isso em vista, nota-se a relevância que há no que tange a determinação do intervalo de tempo que será necessário para a atuação da mão-de-obra na execução do projeto.

Mattos, A. D., 2010, descreve uma maneira que pode ser utilizada para a mensuração da duração dos processos de execução de um projeto. Segundo ele, o dado numérico de tempo de uma atividade pode ser obtido através de uma estimativa paramétrica.

Incluídas nessas estimativas paramétricas estão as composições de custo unitário, que relacionam os insumos com seus coeficientes de consumo (chamados de índice ou de razão unitária de produção RUP) e custos (unitários e totais).

Entende-se por índice como a incidência do insumo, em questão, na efetuação de um serviço. Expresso, sempre, como unidade de medida de tempo por uma unidade de medida de trabalho (h/kg, h/m², etc.). Trabalhar-se-á, também, com a produtividade, que é o inverso do índice (kg/h, m²/h, etc.).

Serão utilizadas as composições da 13^a edição da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) para extração dos insumos de serviços para cada etapa.

Pelo fato de que nem todos os dados que foram catalogados pela empresa foram relacionados a uma unidade de medida, tornando, assim, viável os cálculos para efeito de comparação com os métodos que a literatura nos traz, serão levados em consideração, portanto, somente as etapas de contrapiso (m³) e reboco (m²). Considerar-se-á, também, que as espessuras (e) do contrapiso e do reboco foram de 5 cm, bem como é especificado na TCPO.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para iniciar esse estudo de caso, têm-se alguns dados de área (m²), atribuídos a um determinado pedreiro na execução de reboco, como, por exemplo, tem-se a área de 41,6 m² de reboco executado na data de 23 de maio de 2018. Vale ressaltar que estes processos foram realizados em dias de serviço (úteis), abrangendo uma jornada de 9 horas diárias.

No que se refere a reboco, a TCPO, no item 09705.8.3.7 (para devidas especificações), sugere que seja considerado o índice de consumo de 0,80 h de um pedreiro na execução de 1 m² de reboco. Ou seja, o RUP desse insumo se dá por: 0,80 h/m².

Considerando-se o que é definido nessa literatura, para esse tipo de insumo, temos:

$RUP = t/A$ onde, RUP = Razão Unitária de Proporção (índice); t = Tempo (duração); A = Área.

Para calcular, então, a duração do reboco, através desse índice, temos:

$$t = RUP \cdot A.$$

Após termos obtido esta fórmula, podemos atribuir os valores coletados às grandezas da equação e, dessa maneira, obter a duração que a literatura nos permite prever, portanto:

$$t = 0,80 \cdot 41,6, \text{ portanto, } t = 33,28 \text{ h};$$

Baseados nos índices definidos no TCPO, no ato de se prever a duração para a execução de 41,6 m² de reboco, determina-se que são necessárias 33,28 h. Porém, em nove horas um pedreiro pôde concluir tal serviço. Tal analogia também pode ser feita para as demais áreas coletadas.

Observando-se os resultados obtidos para as durações nota-se que o total de horas (reais) utilizadas para a conclusão de 255,591785 m² de reboco, foram necessários 90 h. A contraponto, a literatura nos sugere que tais serviços sejam concluídos em 180,473428 h. A seguir, tabela para demonstração de tais dados:

Data (2018)	Área de Reboco (m ²)	Duração Real (h)	Duração Prevista na TCPO (h)
08/fev	17,1761	9	13,74088
09/fev	17,828	9	14,2624
15/fev	21,1442	9	16,91536
16/fev	29,7354	9	23,78832
20/mar	29,39695	9	23,51756
21/mar	10,045573	9	8,0364584
22/mar	15,372362	9	12,2978896
23/mai	41,6	9	33,28
24/mai	31,8018	9	25,44144
25/mai	11,4914	9	9,19312

Figura 1 – Tabela que contém a relação entre as durações reais e previstas pela TCPO.

A TCPO, no item 03935.8.1.1 (para devidas especificações), define que o índice (RUP) desse insumo é igual a 0,313 (h/m³).

Considerando o índice que a TCPO determina para estes dois insumos, observa-se que o índice do contrapiso para pedreiro é relativamente baixo. O que significa dizer que a TCPO considera que se consome bem pouco do pedreiro no ato de execução de contrapiso. Observa-se que na obra apurada, o pedreiro foi bastante consumido nessa etapa. Como será demonstrado a seguir.

Para a data de 13 de março de 2018, foram executados 1,18774 m³ de contrapiso. Lançando estes dados, citados anteriormente, na fórmula temos:

$$t = \text{RUP} \cdot A; t = 0,313 \cdot 1,18774, \text{ portanto, } t = 0,37176262 \text{ h.}$$

Para todos os dados coletados em obra faz-se o mesmo processo, mostrado na tabela a seguir:

Data (2018)	Volume de Contrapiso (m ³)	Duração Real (h)	Duração Prevista na TCPO (h)	Duração Prevista na TCPO (min)
12/mar	0,30592	9	0,09575296	5,7451776
13/mar	1,18774	9	0,37176262	22,3057572
14/mar	1,09816	9	0,34372408	20,6234448
15/mar	0,86239875	9	0,269930809	16,19584853

Figura 2 – Tabela que contém a relação entre as durações reais e previstas pela TCPO.

Observando-se os resultados obtidos para as durações de execução de contrapiso, nota-se que o total de horas utilizadas para a conclusão de 3,4542 m³ de contrapiso, foram necessários 36 h. A contraponto, a literatura nos sugere que tais serviços sejam concluídos em, aproximadamente, 1,08117 h, que equivale a 1 h e 4 min.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados obtidos, e comparando as durações de serviços reais com as previstas pela tabela da TCPO, conclui-se que, na mensuração dos insumos de reboco, há uma discrepância que corresponde a pouco mais que o dobro de tempo, onde, no caso, o cronograma ganhou 90 dias a mais. O que pode ser favorável, a certo ponto, para o projetista, já que pode haver algum fator dos insumos em que haja discrepância onde o cronograma perca dias, como aconteceu na previsão para a execução do contrapiso, onde foi executado em 36 h o que, no cronograma, estaria marcado para ser concluído em 1h e 4 min.

REFERÊNCIAS

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. UNISINOS-Universidade do Vale do Rio dos Sinos Ciências Exatas e Tecnológicas, São Leopoldo 2008.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 1ª edição. São Paulo: Editora Pini LTDA, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos / Aldo Dórea Mattos. 1ª edição. São Paulo: Editora Pini, 2006.

SOUZA Roberto de; ABIKO Alex. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de construção Civil Boletim Técnico – Série BT/PCC, São Paulo 1997.

TCPO, **Tabelas de composição de preços para Orçamentos**. 13ª edição. São Paulo: Editora Pini, 2008.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO: O USO DE APLICATIVO MÓVEL EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS

Data de Submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Railma Saldanha da Silva

Aluna do 8º período de Engenharia de Produção da Faculdade do Maranhão

Leanderson Augusto dos Santos Santana

Aluno do 8º período de Engenharia de Produção da Faculdade do Maranhão

André Luis Rodrigues Mathias

Universidade Federal do Maranhão. Engenheiro Químico Industrial, Engenheiro Civil, Pós-Graduado em Engenharia Sanitária e Engenharia Ambiental, Professor da FACAM

Suelma do Nascimento Brito Lôbo Mathias

Universidade Federal do Maranhão, Licenciada em Matemática, Mestre em Matemática, Especialista Matemática Ensino de Ciência e Tecnologia, Professora do IFMA

RESUMO: Procura-se através deste artigo buscar o entendimento do fator que propicia a facilidade de acesso a agências bancárias, de forma que se torna ainda mais relevante à preocupação com o conforto e segurança dos clientes. Dessa forma os aplicativos móveis tem um papel fundamental para a criação desse elo entre usuários e agencias bancarias, facilitando a conquista de mais pessoas aptas para o acesso a suas informações sem que saiam de seu conforto, assim ferramentas da

tecnologia de informação buscam melhorias no desenvolvimento dos aplicativos para alavancar a credibilidade da instituição, e consequentemente ajudar no fator econômico de ambos, pois uma tecnologia bem aplicada favorece a evolução das empresas, isso se torna mais eficiente quando há uma interação. Além de apresentar algumas análises através de coleta de dados sobre opiniões dos próprios usuários que estão diretamente ligados com essa evolução, buscando as consequências que levem a utilização ou até mesmo a exclusão do seu cotidiano. É necessária a busca de entendimento através de bibliografias que proporcionem uma dimensão que abranja todos esses aspectos de sistema de informação, buscando uma avaliação de campo necessária para tornar explicito a busca de novas tecnologias especificamente o uso dos aplicativos moveis. Portanto, entendemos que cresce o número de usuários que utilizam esse recurso, e ao mesmo tempo um receio que impede a sua utilização devido à resistência em relação ao manuseio e sua própria segurança.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicativos móveis, sistema de informação, agências bancárias.

INFORMATION SYSTEM: THE USING OF MOBILE APPLICATION IN BANK AGENCIES

ABSTRACT: The aim of article seeks to understand the factor that enables to access the bank agencies, so in this form, it becomes even more relevant and concern with the comfort of the safety clients. In this way, the mobile applications display a performance to make this link between users and bank agencies, making it easier for more people have access their information without leaving their comfort. Thus, the information technology as tool seeks improvements in the development of applications to leverage the credibility of the institution and consequently help in the economic factor of both. Because a well applied technology promotes the evolution of the companies that becomes more efficient when there is an interaction. In addition to presenting some analysis through data collection on the opinions of the users themselves that are directly linked to this evolution, seeking the consequences that lead to the use or even the exclusion of their daily life. It is necessary to search for understanding through bibliographies that provide a dimension that cover all these aspects of information system, seeking a field assessment necessary to make explicit the search for new technologies specifically the use of mobile applications. Therefore, we understand that the number of users who use this tool increase and at the same time, a fear that prevents its use due to resistance to handling and its own security.

KEYWORDS: Mobile application, information system, bank agencies.

1 | INTRODUÇÃO

Uma tecnologia bem implantada e executada favorece no desenvolvimento e evolução de uma empresa, com isso o sistema de informação facilita esse entendimento, mostra a importância de obter-se uma função que propicie um suporte de entrada para um propósito específico, e o entendimento da informação do sistema é essencial para a busca dessa evolução. A globalização propicia a interação e acesso a informação com mais facilidade e com ela traz a competitividade, que torna-se ainda mais explícito a importância do sistema de informação.

O objetivo deste trabalho é analisar a resistência humana ao uso da tecnologia e características que propiciem um acúmulo de insatisfação, avaliar os efeitos que a aplicação de tecnologia da informação pode trazer para melhorar a satisfação dos clientes de agências bancaria.

As empresas necessitam ainda mais da flexibilidade em torno das suas atuações, e atender os seus clientes de forma mais rápida e objetiva, de maneira que tornem-se essencial para a satisfação do mesmo, buscando de forma periódica maneiras para solucionar problemas relacionados entre empresa e cliente.

Um dos setores que evidenciam essa busca de melhorias, estar no setor de tecnologia de Informação, mais especificamente no setor bancário, que procura facilitar o atendimento e que torna cada vez mais explícito a busca da qualidade, englobando

causas gerais (como pontualidade, eficiência, organização, facilidade de acesso).

O sistema de informação na qualidade da tecnologia de informação tende a nos guiar para sanar os problemas e desenvolver uma melhor visão em prol da qualidade e satisfação dos seus clientes e conseqüentemente alavancar o reconhecimento do sistema bancário e por conseqüência ajudar na economia de ambos.

Procurou-se meio para melhorar a interação cliente-empresa utilizando aplicativos móvel para manter agilidade e segurança do cliente. E na medida em que se amplia o sistema de informação identificando as funcionalidades a serem melhoradas para que possamos manter a satisfação e qualidade dos serviços, adaptando a aplicabilidade do uso de TI (tecnologia de Informação) através de aplicativos e serviços que proporcionem facilidade e rapidez ao cliente.

2 | TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO

2.1 Origem

O Século XX é considerado o marco da “Era da Informação”. A partir de então, a informação começou a fluir com maior velocidade então a partir da popularização dos computadores e da internet permitiu que a informação alcançasse à maioria das pessoas, impactando o comportamento e o consumo, o que indubitavelmente mudou o cenário econômico mundial, criando uma nova economia fortemente baseado em redes de comunicação, sendo elas: A internet e os sistemas de gestão integrados.

Uma tecnologia bem implantada e executada favorece no desenvolvimento e evolução de uma empresa, com isso o sistema de informação facilita esse entendimento, mostra a importância de obter-se uma função que propicie um suporte de entrada para um propósito específico, e o entendimento da informação do sistema é essencial para a busca dessa evolução. A globalização propicia a interação e acesso a informação com mais facilidade e com ela traz a competitividade, que torna-se ainda mais explícito a importância do sistema de informação.

2.2 Conceito

A informação envolve a coleta de dados que a princípio se encontram armazenadas aleatoriamente ou ainda através de buscas, a fim de informar ou a nos ajudar a encontrar respostas e conhecimentos que buscamos, e entender propostas e soluções questionáveis, quando esses dados que antes se encontravam de forma aleatória tornam mais entendidas ou interpretadas podemos encontrar um conhecimento concluído, ou seja, por mais que os dados sozinhos indiquem algumas ideias, elas não terão nenhuma informação, no contrário, esses dados organizados poderão nos indicar a uma determinada orientação, segundo Rabaça e Barbosa (1995, p.335) afirmam que em processamento de dados, informação “ é o significado que um

ser humano atribui a dados, por meio de convenções usadas em sua representação.” No entanto há vários significados para um melhor entendimento, principalmente quando elucidamos no âmbito da comunicação, podemos conceituar através de classificações apresentada por Buckland: informação como processo, informação como conhecimento, e informação como coisa (BUCKLAND, 1991).

Enquanto processo a informação é o ato de informar e é identificado no fluxo da comunicação. Enquanto conhecimento, a informação é identificada como o conteúdo da mensagem veiculada na comunicação. Enquanto coisa, a informação é identificada pelo seu papel informativo, porém representado por meio de documentos, dados etc. (BUCKLAND, 1991).

2.3 Tecnologia de Informação no Ramo Empresarial

No ramo empresarial podemos descobrir que existe informação tanto interno quanto externo (FALSARELLA et al, 2003), de acordo com essa afirmação significa que a interna são todos os dados existentes no setor da empresa como documentação referentes aos processos de negócios funcionais, enquanto a externa são as informações adquiridas fora da empresa como por exemplo dados da concorrência.

A importância do conhecimento é imprescindível para a evolução pessoal e empresarial, visto que a todo o momento há exigências em torno de informações cada vez mais precisas serem fornecidas, de forma adequada para que possam ser incorporadas a diversos setores dentro da empresa agregando todo o sistema que melhoram e facilitam as tomadas de decisões existentes nas organizações.

Um sistema de informação pode nos passar várias ideias globais de tecnologia que envolva mecanismos de computação que incluam softwares, hardwares e pessoas capacitadas para coleta, processamento, armazenamento, análise e disseminação de informações para um propósito específico.

Um deles é o uso do TI para gerenciamento, visto que é de suma importância para que o Sistema de informação de fato tenha uma real efetividade.

Segundo Gomes (2001, p.83)

A tecnologia de informação apoia todas as etapas de um processo de inteligência competitiva, desde a fase identificação das necessidades de informação, passando pela coleta, análise e disseminação, até a avaliação dos produtos entregue. Ela organiza o fluxo de Informações e auxilia nos principais objetivos do Sistema de Inteligência competitiva: alertar as possíveis oportunidades e ameaças, apoiar o processo de tomada de decisão estratégica, avaliar e monitorar os concorrentes [...].

Onde de fato o uso da Tecnologia de Informação refletirá no setor competitivo e financeiro.

Segundo Rezende, Abreu (2013, p.87apud) Oliveira, 1998.

O propósito básico da informação é o de habilitar a empresa a alcançar seus

objetivos pelo uso eficiente dos recursos disponíveis, nos quais se inserem pessoas, materiais, equipamentos, tecnologia, dinheiro, além da própria informação.

O principal objetivo da concorrência global entre as empresas é a necessidade que as empresas terão cada vez mais em busca de informação tanto do mercado quanto a respeito dos planos e intenções dos consumidores e dos seus concorrentes, para garantir que a interação entre cliente e empresa seja rápida, fácil e satisfatória.

3 | O USO DE APLICATIVO MÓVEL

O uso de aplicativo móvel é comum nos dias atuais, a resistência humana que antes era bem maior, passou ao decréscimo depois que observara-se a facilidade e agilidade que esses aplicativos trazem.

O uso desse aplicativo em agência bancaria torna-se cada vez mais frequente, devido à facilidade e a agilidade para resolução de gargalos. O relatório da Febraban de 2015 sobre tecnologias online aponta que o Brasil segue como o integrante do grupo de países emergentes Brics, formado por China, Rússia, Índia e África do Sul, com maiores investimentos em Tecnologia da Informação nos segmentos bancários.

Em 1994 a Internet se abriu para o mundo comercial e surgiu o banco virtual, acessado por milhões de clientes de suas casas ou escritórios. Os clientes não precisavam mais de nenhum software extra do banco escolhido e passaram a ter acesso através da Web, às suas informações bancárias de qualquer computador, a qualquer hora e fazer download de suas informações para o uso do software de gerenciamento de sua preferência. (Carolina Lea Mendes, (2011) p. 22)

Então observa-se a utilidade e os investimento que os bancos custeiam para uma melhor satisfação e agilidade no atendimento ao cliente. Porém não podemos esquecer que para obter a confiança desses clientes que antes era acostumado a resolver seus problemas em suas agencias bancarias foi difícil. Hoje ainda pode ser vista tal resistência, porém de forma menos evidente, a diminuição do fluxo de pessoas em agencias também é pequeno, e o uso de caixas eletrônicos também diminuiu muito.

A pesquisa da Febraban (2015) demonstrou que a internet banking foi o principal responsável por 54% das operações bancárias efetuadas no ano de 2015. Então entende-se que as transações móveis, desde 2010, tiveram um crescimento de 209% no seu volume de transações bancárias, passando a ocupar o quarto lugar como maior canal de atendimento.

O sistema Intranet é desenvolvido e aliado à empresa para facilitar a transmissão de informação via sistema de telecomunicações com uso de servidores de rede.

Segundo O'Brien (2012, p. 2017)

As Intranets deixaram de ser meramente a disponibilização de informação em

hipermídia ou a expansão aos usuários via transmissão de servidores de rede. As Intranets também estão sendo utilizadas como plataforma para desenvolver e distribuir aplicações

Portanto observa-se que o uso desse recurso de baixo custo e fácil acesso facilita a comunicação e melhoram a interação entre cliente e empresa, reduzindo custos e melhorando a eficiência.

4 | METODOLOGIA

O andamento metodológico da pesquisa, dividiu-se da seguinte forma: primeiramente foi desenvolvido uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, para um melhor entendimento e para obtenção de embasamento teórico.

Em seguida realizou-se um estudo de caso em duas agências bancárias especificamente na Caixa Econômica Federal Agência Shopping da Ilha e Banco do Brasil Agência Cohama, com aplicação de questionários constituído de oito questões fechadas relacionado ao objetivo a ser atingido. Os inquéritos oferecem a possibilidade de abordar um grande número de pessoas economizando tempo, controlando a liberdade de resposta e relativamente a facilidade no tratamento estatístico dos dados. Trata-se de colocar uma série de questões que abrangem um tema de interesse para os investigadores, não havendo interação direta com os inquiridos. OLIVEIRA NETTO,(2008).

Esses questionários foram calculados estatisticamente e a partir do cruzamento de algumas variáveis, surgiram categorias importantes que facilitaram a organização das entrevistas. De acordo com os dados abaixo podemos verificar o desenvolvimento da pesquisa.

UTILIZAM		RESISTENCIA	
SIM	55%	MANUSEIO	35%
NÃO	45%	SEGURANÇA	65%

Tabela1 -Percentual de pessoas que utilizam e resistência ao uso de aplicativos móveis

Fonte: Dados elaborados pelos autores

Uma dessas variáveis é o número de pessoas que utilizam os aplicativos moveis um número notavelmente grande, porém o quantitativo de pessoas que não utilizam esse serviço também é grande, um dos aspectos que faz com que esse empecilho seja alto é relação a segurança, acreditam que esses aplicativos não sejam seguros, e que podem trazer alguns danos a integridade financeira do cliente.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

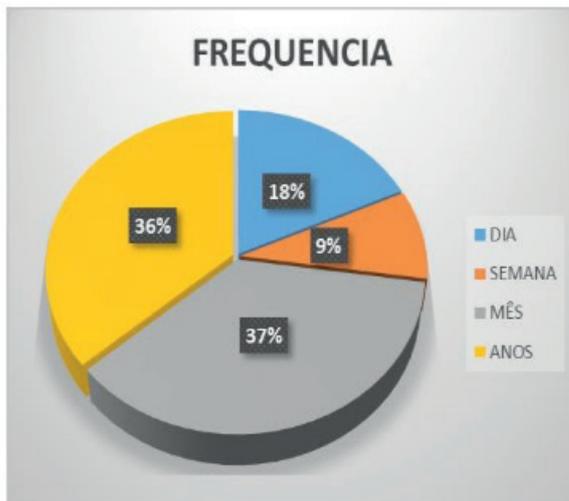


Figura 1- Frequência idas a agências bancárias



Figura 2- Utilidades ao uso do aplicativo

Fonte: Dados elaborados pelos autores

Detectamos que nos 55 clientes questionados 37% vão a sua agência bancária com frequência mensal onde 36% optam por ir apenas uma vez ao ano, 18% frequentam diariamente e apenas 9% acreditam que indo uma vez na semana é o suficiente para resolver seus afazeres.

Os usuários organizam seu tempo em função dos aplicativos, conforme mostram a figura 1 e 2, 55% dos entrevistados acreditam que o mesmo se torna fácil no ato do seu manuseio, e que 36% a utilizam pela rapidez que o aplicativo propicia em contrapartida apenas 9% dos usuários acreditam que é um software eficiente.

Através dos dados coletados podemos observar que há sim uma resistência ao uso da tecnologia, porém houve um aumento significativo no índice de pessoas que utilizam essa ferramenta. A ida as agências bancárias também torna-se cada vez menor devido a facilidade do aplicativo em atender as necessidades dos seus usuários. Por outro lado, muitos ainda não acreditam na segurança do mesmo, tem certo receio na utilização, além da questão do manuseio, pois muitos ainda não se adaptaram a interface do aplicativo fazendo com que crie um impasse entre esse cliente e a empresa. Sugerimos que os investimentos aplicados a segurança dos aplicativos sejam divulgados para seus clientes, assim como os resultados das auditorias que medem o grau de eficiência e segurança da utilização do mesmo. Acreditamos também que melhorando a didática dos aplicativos pode-se atender as pessoas que tem dificuldade em manuseá-los fazendo com que o percentual de confiança aumente, atraindo cada vez mais cliente.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por mais que a nossa pesquisa tenha tido um alto índice de insegurança por parte do usuário, as agências buscam persistentemente melhorar a interface de seus aplicativos e ferramentas que propiciem uma maior satisfação para seu usuário. Buscando ferramentas de fácil acesso, e de total privacidade para manter o cliente confortável, em buscar esse meio mais acessível fazendo com que esse retraimento em relação ao uso dessa ferramenta não seja mais um deficit e passe a ser uma solução para seu dia-a-dia.

Um exemplo disso pode ser vista por Mendes (2011)

Para efetuar transações os clientes também têm optado pelo Internet Banking até mesmo para evitar o deslocamento até as agências bancárias evitando também a incidência de roubos, conhecidos como - Saldinhas de Bancos-, conforme gráfico abaixo a transação através do Internet Banking tem crescido cerca de 2,5 % a 3% ao ano.

Mostra que cada ano cresce o número de usuários além dos serviços utilizados por eles. Podemos observar que a ferramenta de TI aplicando a ferramenta Intranet são recursos que propiciem uma grande facilidade para o dia a dia das pessoas, e em delimitação trazendo para o setor bancário o uso de Internet Banking é uma amostra para esse desenvolvimento, pois além da praticidade para poder acessar sem sair de casa e de qualquer tipo de ferramenta que facilmente podem ser usadas em nosso dia a dia com uso de celulares, tablets e computadores. Contudo nota-se que a busca por melhoras no setor de TI é constante, pois além de trazer uma satisfação para os clientes melhora a visão em relação a instituição bancaria.

Além de análise de resultados, sugerimos que tenhamos uma atenção voltada a outros tipos de tecnologia aplicadas no âmbito bancário, para aprimorar cada dia mais a segurança de seus serviços e desenvolver novos estudos nesse campo.

REFERÊNCIAS

.BUCKLAND, M. K. **INFORMATION AS THING**. Journal of the American Society for Information Science (JASIS), v.45, n.5, p. 351-360, 1991. Tradução livre de Luciane Artêncio.

FALSARELLA et al. **INFORMAÇÃO EMPRESARIAL**: dos sistemas Transacionais à Latência Zero. 2. ed. Campinas: Transinformação, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Elizabeth. **INTELIGENCIA COMPETITIVA**: Como Transformar Informação Em Negocio Lucrativo. 2. ed. Rio De Janeiro: Campus, 2001. 83 p.

MENDES, Calorina Léa. **Evolução da Tecnologia no Setor Bancário**. 20011. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Processamento de Dados, Fatec - Sp, Fatec- Sp, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.fatecsp.br/dti/tcc/tcc0012.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

O'BRIEN, James A. **SISTEMA DE INFORMAÇÃO**: As decisões gerenciais na era da internet. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 214p

OLIVEIRA NETO, A. A. Metodologia da Pesquisa Científica: guia prático para apresentação de trabalhos acadêmicos. Florianópolis: Visual Books, 2008

RESENDE, Denis Alcides; ABREU, Aline França. **Tecnologia de informação**: aplicado a sistema de informação. 9. ed. São Paulo: Atlas São Paulo, 2003. 87 p.

SILVA, Sanderlene Goularte da. **O USO DA TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO EM SETOR BANCÁRIO**: Um Diagnóstico Do Uso Da Intranet Na No Banco Do Brasil. Agência Príncipe De Joinville. 2007. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

ESTIMATION OF PARAMETERS OF THE TORQUE CONVERTER OF AN AUTOMATIC TRANSMISSION OF A PASSENGER VEHICLE

Data de submissão: 26/10/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Elias Dias Rossi Lopes

Seção de Engenharia Mecânica – Instituto Militar de Engenharia

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/5415936607023377>

André Flora Alves Pinto

Seção de Engenharia Mecânica - Instituto Militar de Engenharia

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/7538003897290285>

Caio César do Prado Dorea Reis

Seção de Engenharia Mecânica - Instituto Militar de Engenharia

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/7263218644745744>

Gustavo Simão Rodrigues

Seção de Engenharia Mecânica - Instituto Militar de Engenharia

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/0076357223461709>

ABSTRACT: The automatic transmission has been becoming more usual in the modern vehicles, even those considered low cost ones. The torque converter is the device responsible for the coupling between the engine and the gearbox in automatic transmission vehicles. In

this context, this research aims the simulation and estimation of parameters of the automatic transmission of a passenger vehicle. In that purpose, it is implemented the Particle Swarm Optimization Method, which assists in obtaining parameters of the torque converter's curve from the engine full-load curve and the car real traction diagram. The torque converter's curves have fundamental importance, and only manufacturers have possession of that information. Beyond that, through those curves, it is possible: to raise the profit of the company, to develop an automobile that is economic in terms of fuel consumption and offers a better adaptation of the engine characteristic curve to the ideal traction curve.

KEYWORDS: Torque Converter; Automatic Transmissions; Particle Swarm Optimization

1 | INTRODUCTION

The methodology used in this article aims to obtain parameters of the characteristic curves of a TRILOK torque converter through the Particle Swarm Optimization (PSO) Method. To this end, this introductory section is subdivided into three subsections, in order to detail the entire process.

The first subsection details the operating principle of a TRILOK torque converter, as well

as it presents its characteristics curves. At its end, the parametrization adopted for these curves and the parameters that the method seeks to estimate are specified.

In the second subsection, the matching process is approached, which is the process of coupling between the full-load engine curve and the transmission system. The matching equating is presented and specifies as the process is performed for vehicle equipped with a torque converter. The matching process is also known as the direct problem and is used as the basis for formulating the inverse method.

Finally, in the last subsection, is presented the methodology of inverse problems in general. The concept of objective function is defined, and the formulation adopted is presented. Focus is given to the stochastic method known as Particle Swarm Optimization, which is detailed and equated.

2 | TORQUE CONVERTER

The basis of most of the types of automatic and semi-automatic transmissions used in vehicles engines is hydrodynamic coupling, so called because it operates with kinetic energy of the circulating fluid. This type of coupling involves a hydrodynamic clutch or a torque converter. Despite being similar in their constructions, the torque converter is capable of multiplying torque while the hydrodynamic clutch is not (NUNNEY, 2007).

The hydrodynamic couplings use the inertia of the flow of a fluid. The individual components of a transmission of this type are the fluid flow devices. A rotatory pump plays the role of source of energy and the turbine of a primary engine. The mechanical energy applied through the transmission shaft is converted into hydraulic energy from the fluid and then back into the mechanical energy in the turbine, which is available (except losses) on the output shaft. The basic difference between a hydrodynamic clutch and a torque converter is that the torque has, in addition to the pump and turbine, a stator (NAUNHEIMER, 2010).

The advantages of a hydrodynamic clutch and a torque converter can be combined to avoid a decaying section in the efficiency curve of the torque converter. This type of device is known as a TRILOK torque converter and its simple construction and high level of efficiency make this converter suitable for vehicle transmissions and therefore are the only ones used in passenger cars. The torque converter operates in the first phase up to the lock-up point. In the second phase, the stator is released from the housing by a free wheel mechanism. As the stator rotates freely, there is no more torque conversion (NAUNHEIMER, 2010).

2.1 Characteristic Curves

A TRILOK torque converter has three main characteristic curves that depict its

operation. The characteristic torque curve, which relates the torque conversion ratio (μ) and the speed conversion ratio (ν), the efficiency curve, which relates the efficiency coefficient (η) and the speed conversion ratio (ν), and the converter test curve, which relates the characteristic value (k) and the speed conversion ratio (ν) (NAUNHEIMER, 2010). Of these special attention is given to the first and third (Figure 1(a)).

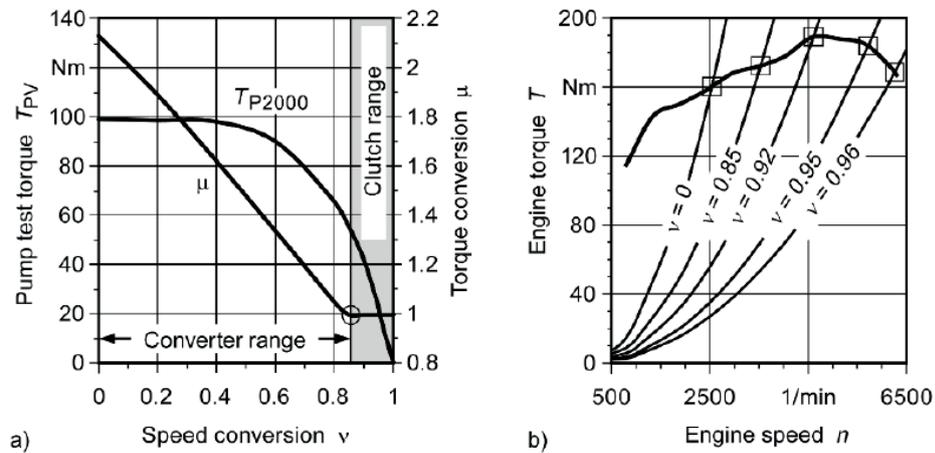


Figure 1: (a) TRILOK torque converter characteristic torque curve and test curve (NAUNHEIMER, 2010). (b) Engine characteristic curve with the conversion parabolas (NAUNHEIMER, 2010).

Some characteristic point of the curves can be highlighted, such as, the stall point in which the speed conversion ratio is zero and the torque conversion ratio is maximum, and the lock-up point at which the converter starts operating as a hydrodynamic clutch assuming unitary torque conversion ratio.

The converter test curve is used to define the operating point in the engine characteristic curve in which the converter will act under certain torque and speed conversion ratios. The pump torque parabolas at an instantaneous conversion speed ratio (the so-called conversion parabolas) are added to the characteristic engine curve (Figure 1(b)) using the converter test curve and the Equation (1). These are the SPAN conversion parabolas covering a field of possible operational points (NAUNHEIMER, 2010).

$$k(\nu) = \frac{T_P}{n_P^2} \quad (1)$$

2.2 Parametrization

The application of the inverse problem methodology is performed with the purpose of obtaining the characteristic curves of a torque converter. In this direction, the characteristic and the test curves are parametrized with the help of a discrete set of parameters in order to represent them continuously and in the most faithful way possible.

In this motivation, the characteristic torque curve is described by a decreasing line in the region comprising speed conversion ratios between zero, in which the curve corresponds to a torque conversion ratio μ_{01} , and v_{02} , in which the curve corresponds to a unitary torque conversion ratio. In the region comprising the speed conversion ratio between v_{01} and one, a constant line describes the curve (Figure 2).

$$y = \mu_0 + \frac{(1 - \mu_0)}{v_{02}} x, \quad 0 \leq x < v_{02} \quad (2)$$

$$y = 1, \quad v_{02} \leq x \leq 1 \quad (3)$$

The values μ_{01} and v_{02} are the parameters that define the characteristic curve of the torque converter, and physically represent, respectively, the torque conversion ratio of stagnation and the lock-up speed conversion ratio.

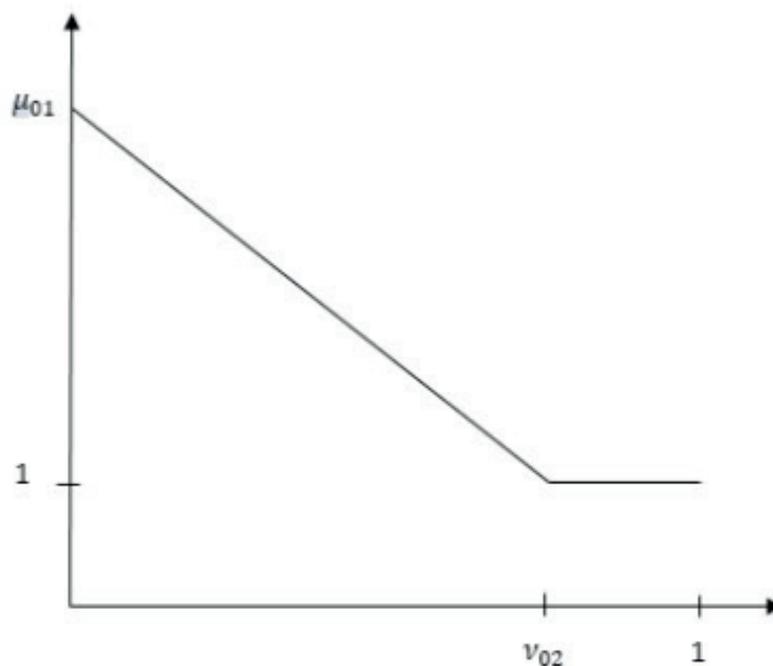


Figure 2: Torque converter characteristic torque curve parametrization model

The test curve is described by a constant line in the region that comprises speed conversion ratios between zero and v_{01} , in which the curve corresponds a characteristic value of k_{01} . In the region comprising speed conversion ratios between v_{03} and one, a decreasing line describe the curve, in which the curve presents a characteristic value of k_{min} 0 in speed conversion ratios of v_{03} and one, respectively. Finally, in the region comprising speed conversion ratios between v_{01} and v_{03} , the curve is described by a fourth-order polynomial in which its coefficients are determined so conditions of continuity are respected (Figure 3).

$$p(v_{01}) = k_{01} \quad (4)$$

$$p(v_{03}) = k_{min} \quad (5)$$

$$\frac{dp}{dv}(v_{01}) = 0 \quad (6)$$

$$\frac{dp}{dv}(v_{03}) = -\frac{k_{min}}{1 - v_{03}} \quad (7)$$

$$p(v_{02}) = k_{02} \quad (8)$$

The values k_{01} , k_{02} , v_{01} and v_{03} are the parameters that define the test curve of the torque converter.

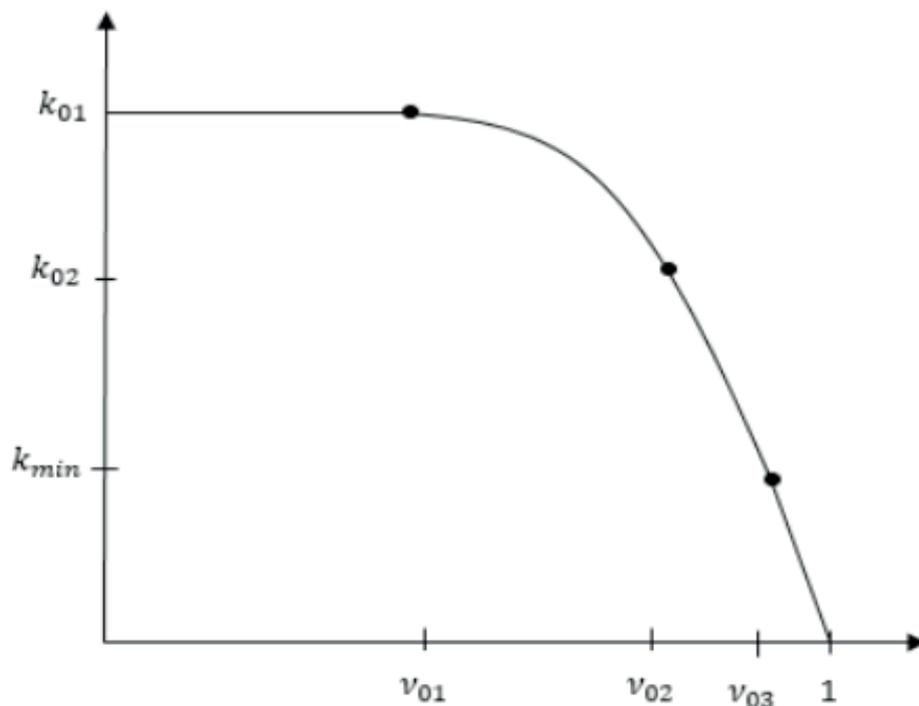


Figure 3: Test curve of the torque converter parametrization model.

2.3 Matching

Matching is the process of coupling the engine to the vehicle transmission. This is a problem in the field of vehicle longitudinal dynamics. The powertrain and its optimal conditions of work are acquired through computer simulations, bench and road tests. Vehicle transmissions are the connection between the engine and the drive wheels. The transmission adapts the power output to the power requirement of the car and to do that, it converts torque and rotational speed.

In this process of matching, the traction force available in the wheels and velocity of the vehicle can be calculated from the engine torque and speed, the dynamic radius of the tyre, the powertrain efficiency and the overall gear ratio, for a certain set of speed and torque conversion ratios. These calculations are equated by Equation (2) and Equation (3), respectively (NAUNHEIMER, 2010).

$$F_{Z,A} = \frac{\mu \cdot T(n_M) \cdot i_A}{r_{dyn}} \eta_{tot} \quad (9)$$

$$V = \frac{v \cdot n_M \cdot r_{dyn}}{i_A} \quad (10)$$

3 | INVERSE PROBLEMS

Inverse problems are a field of study of applied mathematics that consists in discovering the causes from its consequences, in other words, to make the reverse process to obtain parameters or an inherent function of a system, from its behavior or its dynamics. Solutions of inverse problems involve stabilization techniques and are based on the reformulation of direct problems. The use of optimization techniques is not mandatory, but it is quite common to solve inverse problems.

Methods of solving inverse problems can be divided into stochastic and deterministic. Deterministic methods are computationally faster than stochastic, although they may converge to a local or non-global maximum or minimum, as desired. In addition, there are hybrid methods that combine the two so that the response can be achieved more quickly and appropriately, they can be combined as iterations progress within the program (COLAÇO,2006).

In order to solve inverse problems, optimization techniques must be used. Therefore the first step in solving inverse problems is the definition of the objective function. The objective function is the mathematical representation that is under evaluation and needs to be minimized or maximized. The relation between the objective function and its variables can be expressed through mathematical or physical models and in the impossibility, it is used the determination by experiments (COLAÇO,2006). In this article the objective function used is the sum of the quadratic differences between the available traction calculated by the matching process and the withdrawal directly from the traction diagram, as equated in Equation (4).

$$f_{obj} = \sum (F_{Z,A} - F_{diag})^2 \quad (11)$$

3.1 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) is a computational stochastic method that optimizes a problem through iterations by looking for a candidate solution of a measurable parameter. It solves the problem through a population of solution candidates and moving these particles into the search space. Each particle has its movement influenced by its best local position, but it also is guided by the best position of the entire population.

The method is based on the behavior of various species and attempts to balance the individual's individuality and sociability to locate the optimum point of interest. The iterative process can be represented by Equations (5) and (6), in which the left-hand term of the equality sign represents the particle in the iteration number $k + 1$, the first right-hand term represents the particle in the iteration number k , and the second, third and fourth terms represent the inertia, the individuality and the sociability, respectively (COLAÇO,2006).

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (12)$$

$$v_i^{k+1} = \alpha v_i^k + \beta_1 r_{1i} (p_i - x_i^k) + \beta_2 r_{2i} (p_g - x_i^k) \quad (13)$$

The entire methodology developed by this article of the application of the PSO to the matching problem in order to estimate parameters from the characteristic curves of a torque is summed up by the flow chart (Figure 4).

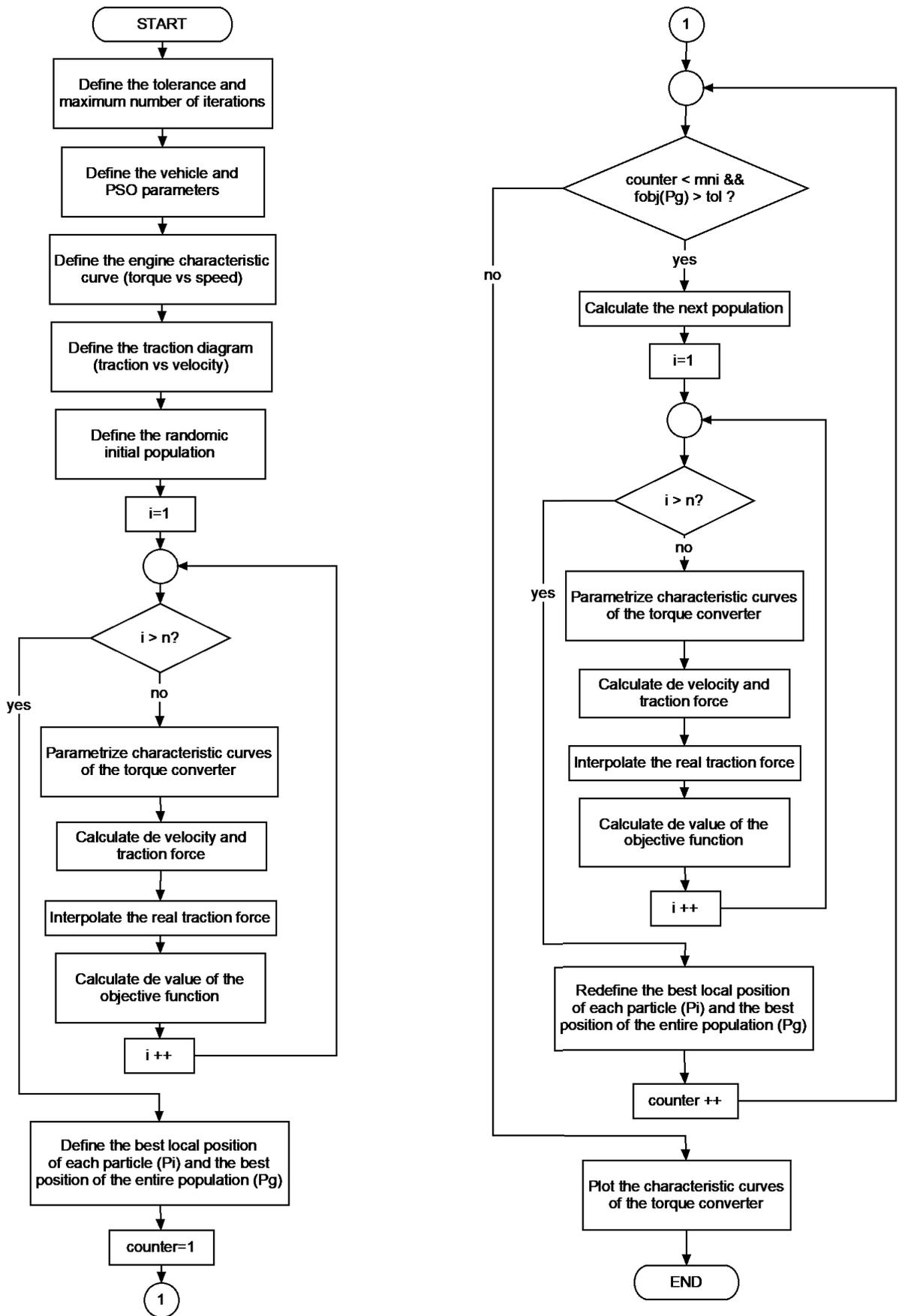


Figure 4: Flow chart summing up the methodology of application of the inverse problem's theory to a passenger vehicle equipped with a torque converter.

4 | RESULTS

The results obtained in this article are exposed in the (Figure 5), (Figure 6) and (Figure 7). These results are obtained by the following data from a mid-size passenger car with a spark ignition engine, whose data, characteristic curves of the engine and torque converter, and traction diagram are shown in NAUNHEIMER (2010). The methodology presented in previous sections is implemented with the help of the mathematical software MATLAB®.

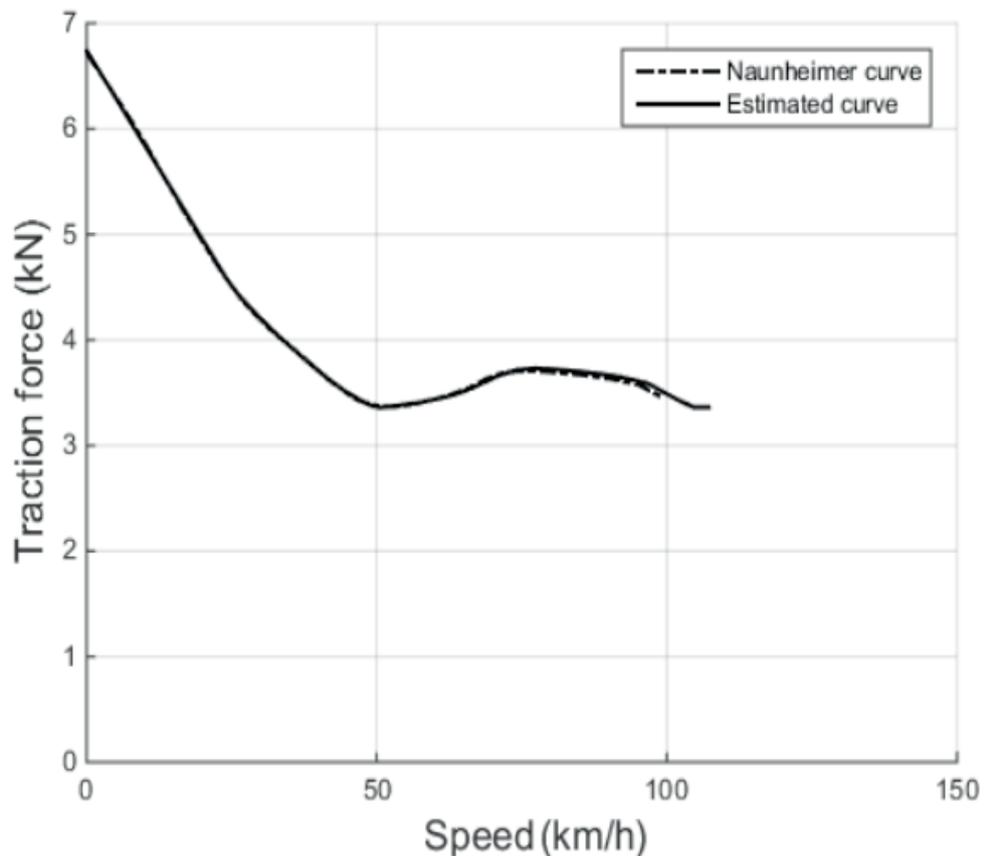


Figure 5: Second gear traction curves drawn from the traction diagram and estimated by the inverse method.

Figure 5 compares the second gear traction curves drawn from the traction diagram and obtained by the inverse method. Finally, Figure 6 and 7 contrast the characteristic and test curves, respectively, estimated and real.

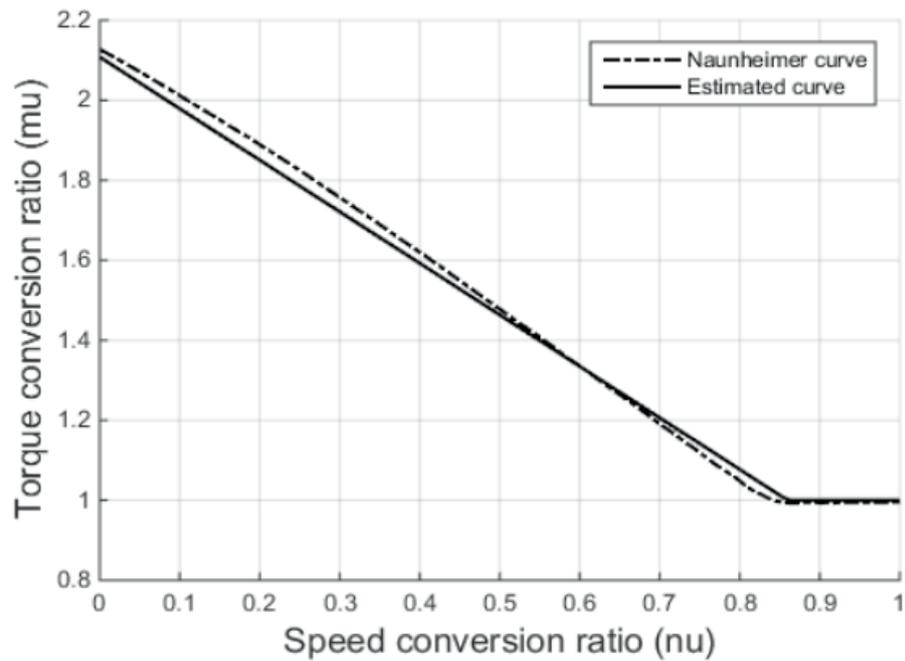


Figure 6: Characteristic curves of the torque converter drawn from NAUNHEIMER (2010) and estimated by the inverse method.

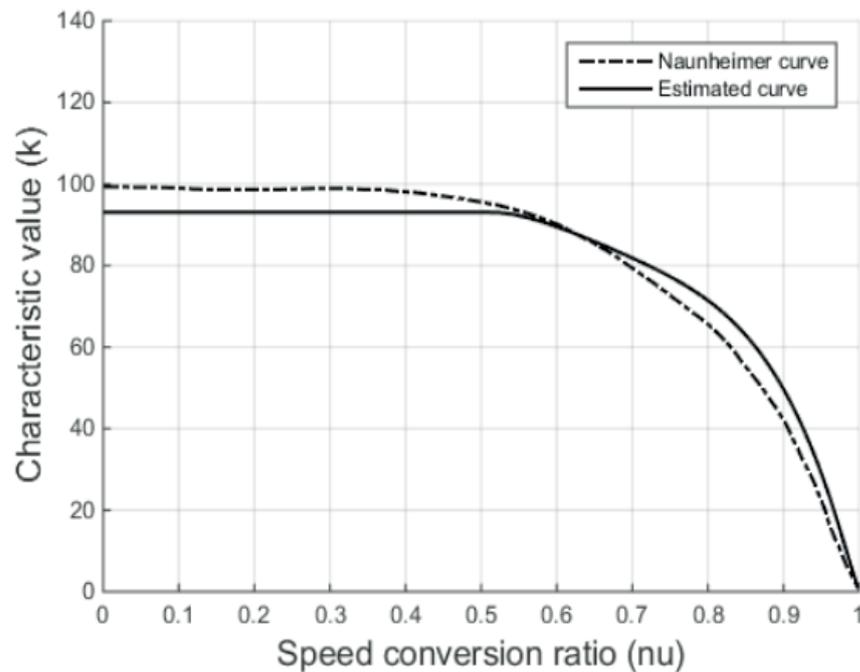


Figure 7: Test curves of the torque converter drawn from NAUNHEIMER (2010) and estimated by the inverse method.

4.1 Results Analysis

The values of the parameters estimated by the inverse method are shown in the (Table 1), in which they are compared with de ideal values It is concluded that the method converged in a general way and satisfactorily approached the real characteristic and test curves of the torque converter by means of a parametrization. The occasional divergences of the method and small approximation errors are mainly due to the problem having a high amount of local minimums besides minor parametrization failures. In this

direction, to improve the method other types of objective function and parametrizations can be tested.

4.2 Sensitivity Analysis

Finally, a sensitivity analysis and study of possible errors that may influence the non-convergence of the method are performed. In the analysis, the graphs of the partial derivatives of the objective function are plotted as a function of each of the six parameters implemented (Figures 8-13). When such derivatives reach a null value it is indicated that the objective function reached a maximum or minimum point and such parameter has been optimized.

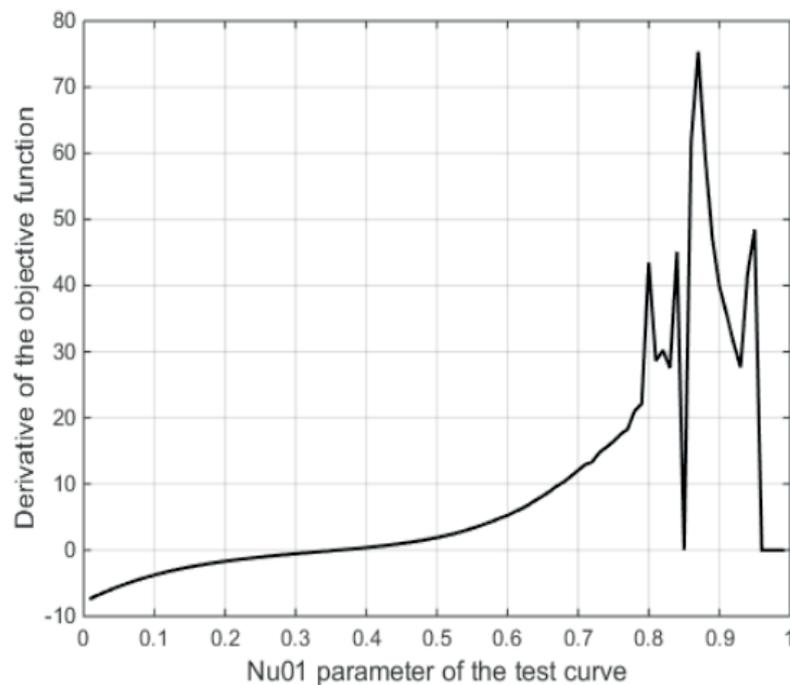


Figure 8: Partial derivative of the objective function in relation to the v01 parameter.

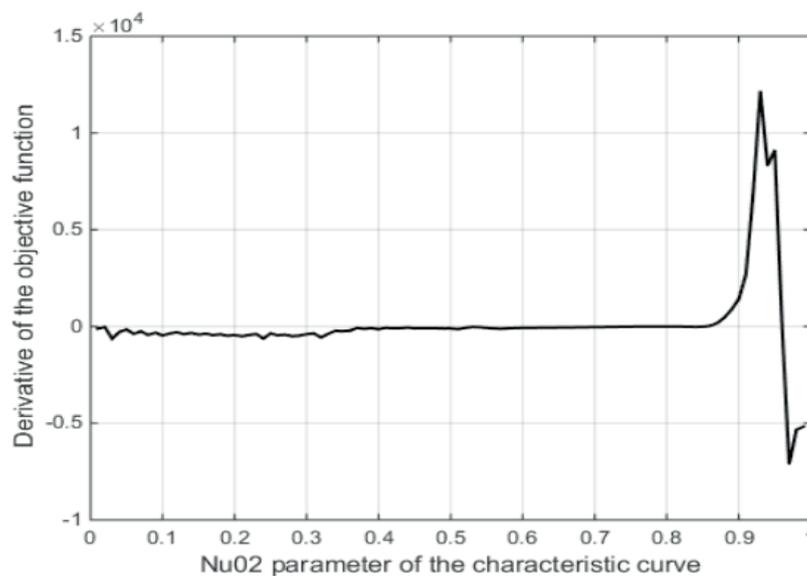


Figure 9: Partial derivative of the objective function in relation to the v02 parameter.

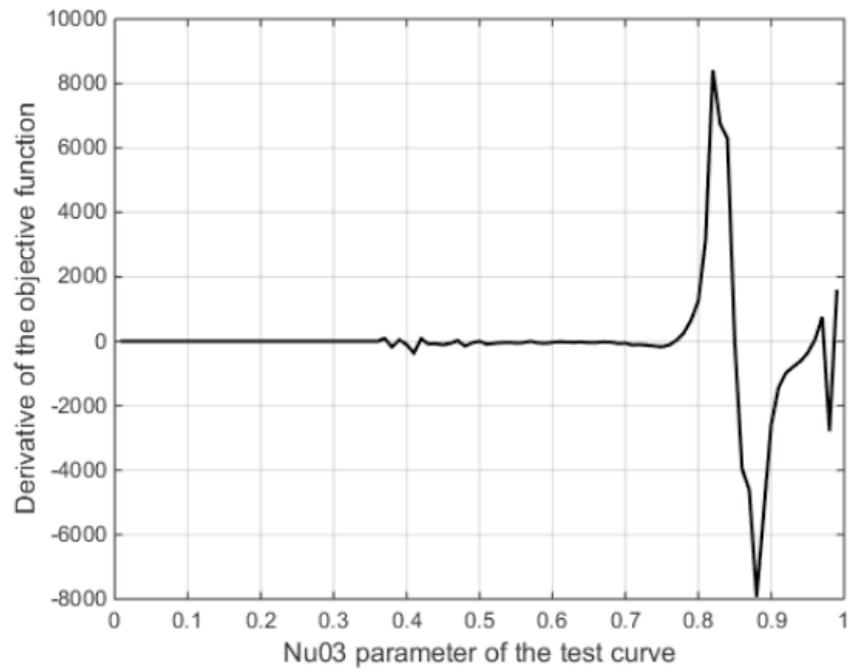


Figure 10: Partial derivative of the objective function in relation to the ν_03 parameter.

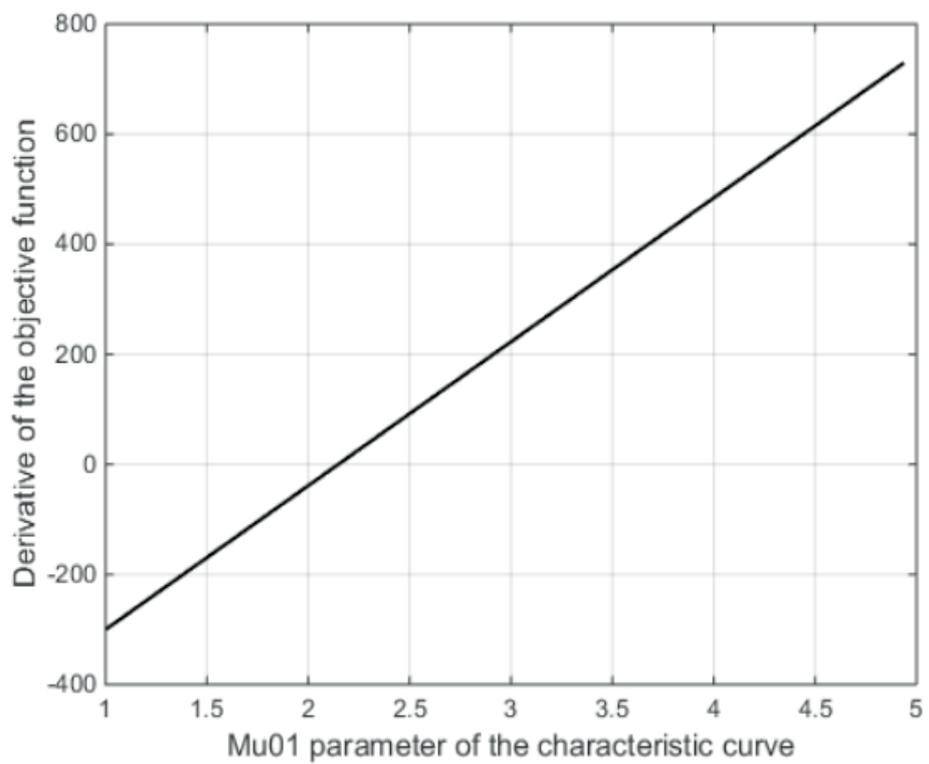


Figure 11: Partial derivative of the objective function in relation to the μ_01 parameter.

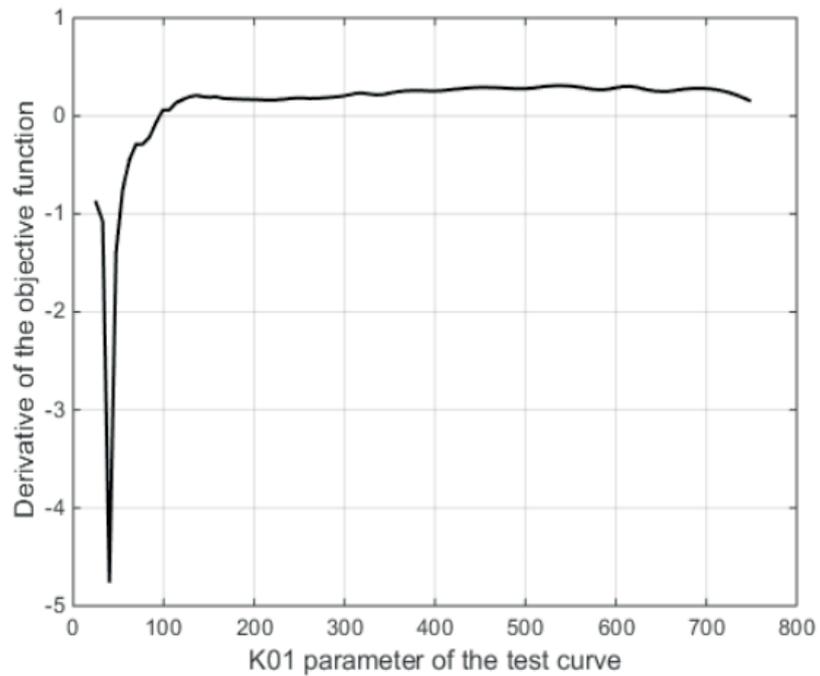


Figure 12: Partial derivative of the objective function in relation to the k01 parameter.

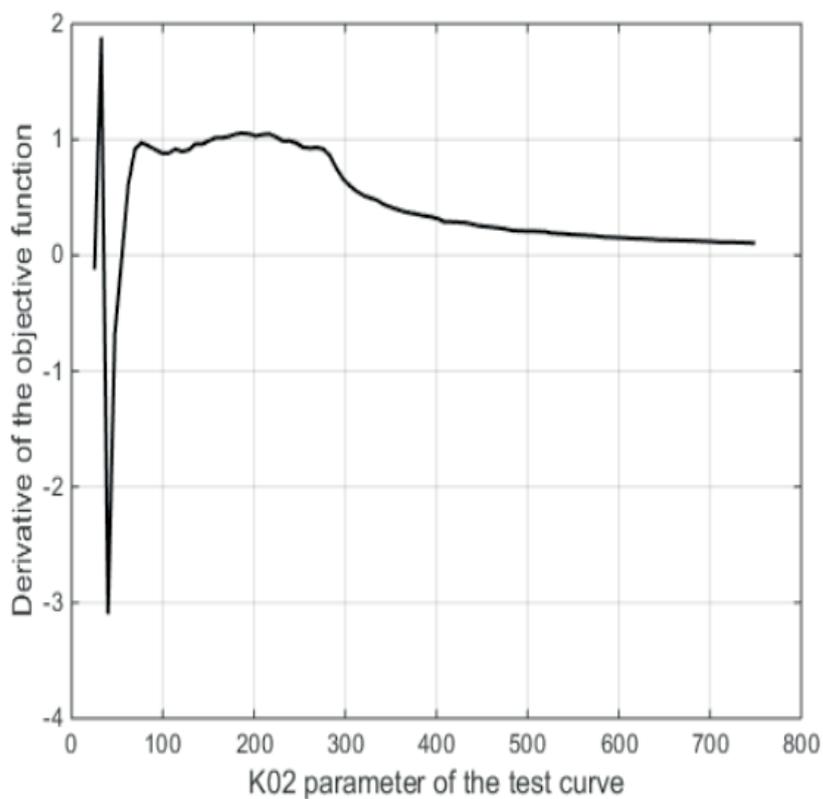


Figure 13: Partial derivative of the objective function in relation to the k02 parameter.

These graphs show that the sensitivity of the objective function to the parameters v_{02} and v_{03} are in the same order of magnitude, around 10,000, while the sensitivity of the objective function to μ_{01} parameter is in the order of magnitude of 1,000. The sensitivity to the v_{01} parameter is in the order of magnitude of 100 and to the parameters k_{01} and k_{02} is in the order of 10. Such sensitivities are directly proportional to the degree of relative influence of the value of a parameter in relation to the value of the objective

function. Therefore, as shown in Table 1 the most precise results are those related to parameters with higher level of sensitivity.

Parameter	Estimated Value	Ideal Value
v_{01}	0.51	0.40
v_{02}	0.86	0.85
v_{03}	0.97	0.96
μ_{01}	2.11	2.14
μ_{02}	93.1	99.3
μ_{03}	60.75	54.25

Table 1: Numeric results of the parameters estimated by the inverse method accompanied by ideal values.

5 | CONCLUSION

The objective of developing a reliable method for obtaining the characteristic curves of the torque converter of an automobile starting from the data of the characteristic curves of the engine and the transmission system is reached.

The proposed method allows to find the curves of the converter with acceptable accuracy. Note that there is an error in the curves, but that does not impact on the resulting traction curves. That is, although it is not a very accurate result, it guarantees an adequate vehicle performance analysis, which is the ultimate goal of the proposed methodology. This is because the error presented does not cause major changes in the motor torque, thus not affecting the available traction curve of the vehicle.

The method can still be incremented so that its inputs are actual vehicle performance data, such as maximum speed and acceleration, and not the traction curves, but this also requires changes in the optimization method used, as there are few estimated parameters for many data.

REFERENCES

COLAÇO, Marcelo J.; ORLANDE, Helcio R. B.; DULIKRAVICH, George S. Inverse and optimization problems in heat transfer. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 28, n. 1, p. 1-24, 2006.

NAUNHEIMER, Harald; BERTSCHE, Bernd; RYBORZ, Joachim; NOVAK, Wolfgang. **Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application**. Springer Science & Business Media, 2010.

NUNNEY, Malcolm James. **Light and Heavy Vehicle Technology**. London: Routledge, 2007.

APLICAÇÃO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS* (CITRONELA) COMO AGENTE INIBIDOR DE BACTÉRIAS ISOLADAS DO FLUÍDO DE CORTE

Data de submissão: 16/11/2019

Data de aceite: 03/02/2020

Edgar Augusto Aliberti

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Londrina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/7918506315874040>

Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Londrina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/3263748365906046>

Pâmela Nunes Sá

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Londrina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/8006796452171282>

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi realizar a aplicação do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela) como um biocida natural para inibição de bactérias isoladas de fluido de corte. Foram realizados testes de disco-difusão onde foi testado o óleo essencial de citronela e o solvente etanol (100%) em seis gêneros de bactérias isoladas do fluido de corte. O óleo foi preparado com o solvente etanol, e para realizar a análise dos dados foram medidos os halos de inibição descontando o halo formado pelo etanol. Posteriormente, foi realizado o teste de tempo de contato com a menor concentração do óleo

(0,25%) em que houve inibição. Os tempos de contato utilizados no estudo foram de 0 e 30 segundos, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 e 60 minutos. O óleo essencial mostrou-se com potencial inibitório em dois terços das bactérias estudadas para essa concentração e tempos analisados. Conclui-se, portanto, que para essa concentração o óleo essencial possui grande potencial inibitório, já que para o teste de disco-difusão houve formação de halos para todas as bactérias em todas as concentrações e nos tempos de contato estudados foi eficiente inibindo 83% das bactérias isoladas.

PALAVRAS-CHAVE: Biocida natural. Halos. Potencial inibitório.

APPLICATION OF *CYMBOPOGON WINTERIANUS* (CITRONELLA) AS AN INHIBITOR OF BACTERIA ISOLATED FROM CUTTING FLUID

ABSTRACT: The objective of the present work was to apply the essential oil of *Cymbopogon winterianus* (citronella) as a natural biocide to inhibit isolated bacteria present in the cutting fluid. Disk-diffusion tests were performed where citronella essential oil and ethanol solvent (100%) were tested in six genera of bacteria isolated from the cutting fluid. The oil was prepared with the solvent ethanol, and to perform data analysis the inhibition halos

were measured by discounting the halo formed by ethanol. Subsequently, the contact time test was performed with the lowest oil concentration (0.25%) in which there was inhibition. The contact times used in the study were 0 and 30 seconds, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 and 60 minutes. The essential oil was shown to have inhibitory potential in two thirds of the bacteria studied for this concentration and times analyzed. It is concluded, therefore, that for this concentration the essential oil does not have great inhibitory potential, since for the disc-diffusion test the formed halos were small for most of the bacteria and at the times of contact was efficient only for Gram-positive.

KEYWORDS: Natural biocide. Halos. Inhibitory potential.

1 | INTRODUÇÃO

Fluidos de corte são agentes lubrificantes usados na usinagem de peças pela indústria metalomecânica, sendo utilizados principalmente para reduzir o calor gerado. Esses em sua grande maioria são contaminados por microorganismos, reduzindo assim sua eficiência e necessitando fazer a troca em curtos períodos de tempo (KOCH et al., 2015).

Dentre os problemas relacionados ao fluido de corte, os problemas de saúde estão interligados diretamente por bactérias potencialmente patogênicas, tais como espécies do gênero *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Desulfovibrio spp.* (PASSMAN, 2004). Normalmente utiliza-se biocidas para combater esses microrganismos, os quais podem tornar o fluido um resíduo perigoso. Com intuito de reduzir problemas quanto a isso, a utilização de biocidas naturais se mostra inovadora, com um destaque para os óleos essenciais que vem sendo estudados por alguns autores para inibir bactérias e fungos (ALMEIDA et al., 2013).

A utilização de óleos essenciais, devido sua composição química, faz com que os microrganismos patogênicos não criem resistência, tornando-os mais vantajosos. Dentre os óleos essenciais pode-se destacar o de *Cymbopogon winterianus* (citronela). Entre as atividades biológicas de maior uso da citronela, destacam-se a utilização como repelente de insetos (NERIO et al., 2010), possui também atividade antimicrobiana (OLIVEIRA et al., 2011).

Em função do exposto, o objetivo deste trabalho foi fazer o controle do crescimento de bactérias isoladas de fluido de corte utilizando como agente inibidor o óleo essencial de citronela.

2 | METODOLOGIA

As amostras do fluido de corte de origem vegetal em estudo no presente trabalho, foram coletadas de uma máquina do tipo HELLER MCi 25 de um centro de usinagem,

a qual pertence uma empresa metalomecânica, localizada no município de Cambé-PR.

Para realização dos testes, fez-se o isolamento das bactérias presentes em fluido de corte utilizou-se o meio de cultivo BD Difco CHROMagar Orientation Medium. Feito isso, selecionou-se as colônias em função das diferentes colorações utilizando-se a técnica de esgotamento em placa de Petri contendo meio de cultura BHI (24 horas a $35 \pm 1^\circ\text{C}$). Após o período de incubação, as bactérias isoladas foram novamente transferidas para o meio CHROMagar para confirmação de coloração e isolamento em cultura pura.

Com o intuito de determinar a concentração mínima para a inibição do crescimento bacteriano foi realizado o teste de disco difusão. As bactérias foram submetidas a concentrações de: 0,25%, 0,5%, 1,0% e 1,5% do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela).

Para a realização do teste, realizou-se a semeadura de 100 uL da solução contendo as bactérias padronizadas na escala McFarland 0,5 em placas de Petri com meio de cultura Müller Hinton. Em seguida, foi realizada a distribuição dos discos de 5 mm de diâmetro com 5uL de óleo essencial nas concentrações em estudo e disco contendo 5uL do solvente etanol (100%), para se avaliar o efeito deste na inibição do crescimento das bactérias.

Para análise dos resultados, o valor do halo formado pelo solvente etanol foi descontado do halo formado pelos óleos essenciais. Os halos que se formaram ao redor do disco de papel de filtro (medidos em mm) indicaram a sensibilidade da bactéria aos óleos testados.

Após o teste de disco-fusão, foi realizado o teste de tempo de contato para analisar qual o menor tempo que ocorre a inibição bacteriana pelo óleo essencial. Foi testado o óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela) na menor concentração do óleo testado no teste de disco difusão, sendo essa de 0,25%.

Para a realização do teste foi utilizada uma metodologia baseada em Ferreira (2015). Nesse procedimento, as bactérias isoladas foram enriquecidas no meio de cultura BHI líquido, semeadas em meio de cultura BHI sólido, incubadas por um período de 24 horas em estufa bacteriológica e posteriormente foram padronizadas utilizando da escala McFarland 0,5.

Ao realizar a inoculação das bactérias (1,2 mL) no tubo de ensaio contendo uma solução preparada (0,2 mL de óleo essencial e 0,6 mL de solução salina), foi dado início a cronometragem do tempo em que o agente inibidor ficou em contato com as bactérias, sendo que, nos tempos determinados, foi retirada uma alíquota de 5µL e gotejada nas placas de Petri, nos espaços determinados, contendo meio de cultura BHI para análise de crescimento bacteriano. Os tempos de contato estudados foram de 0, 30 segundos, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 e 60 minutos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gêneros de bactérias isoladas do fluido de corte foram *Staphylococcus aureus* (A1), *Enterobacter cloacae* (A2), *Escherichia coli* (A3), *Enterococcus faecalis* (A5), *Proteus mirabilis* (A6), *Streptococcus agalactiae* (A7).

Dos resultados do teste de disco difusão observou-se que para o óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela), houve formação de halo nas concentrações testadas para todas as bactérias conforme exposto na Tabela 1.

Bactérias	S. Aureus (A1)	E. cloacae (A2)	E. coli (A3)	E. faecalis (A5)	P. mirabilis (A6)	Acinetobacter spp. (A7)
Concentrações (%)						
0,25	9,30	9,50	8,30	10,7	10,7	8,70
0,50	10,3	11,0	8,70	10,3	10,7	8,70
1,00	9,70	9,30	11,3	11,0	11,3	9,00
1,50	10,0	9,70	9,00	10,0	11,3	8,30
Etanol	9,00	0,00	8,20	8,40	0,00	0,00

Tabela 1 - Medida dos halos formados para cada concentração de óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela).

Fonte: Autoria própria.

Os halos variaram entre 8,3 mm e 11,3 mm. Analisando os halos formados a partir da menor concentração, a bactéria que apresentou maior resistência a esse óleo essencial foi a *Escherichia coli* com um halo de 8,3 mm e as bactérias com maior sensibilidade foram as *Enterococcus faecalis* e *Proteus mirabilis* com halos de 10,7 mm de diâmetro.

Analisando as bactérias em que houve interferência do solvente, nas bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* na menor concentração o óleo essencial o tamanho do halo formado foi pequeno, levando a uma maior resistências dessas bactérias ao óleo essencial, enquanto que nas bactérias em que não houve interferência do solvente, o menor halo formado foi pela bactérias *Acinetobacter* apresentando assim uma maior resistência e o maior halo formado foi pela bactéria *Proteus mirabilis* mostrando uma maior sensibilidade.

No trabalho de Silveira et al. (2012), os autores afirmam que de todos os óleos testados por eles, o que apresentou maior halo de inibição para a bactéria Gram positiva *Staphylococcus aureus* foi o óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela). A bactéria que se mostrou mais sensível se consideramos que não houve crescimento de halo pelo solvente foi a bactéria *Acinetobacter*, com halo medindo 11,0 mm, porém essa bactéria não formou halo na concentração de 0,25%, que foi a menor concentração testada.

Observou-se também que as bactérias tiveram inibição em diferentes tempos de contato com o óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* (citronela) na concentração de 0,25%. A bactéria que apresentou maior resistência foi a *Acinetobacter spp* (A7),

sendo que não houve processo de inibição dessas bactérias. A bactéria *Enterococcus faecalis* (A5) apresentou redução a partir de 1 minuto e com 2 minutos foi observado à inibição total na placa de Petri. As bactérias *Enterobacter cloacae* (A2) e *Proteus mirabilis* (A6) tiveram inibição total a partir de 10 minutos e a *Escherichia coli* (A3) iniciou o processo de inibição a partir de 2 minutos, chegando há 5 minutos sem apresentar crescimento. Da análise dos resultados é possível observar o processo de inibição nos diferentes tempos de contatos que as bactérias tiveram com o agente inibidor.

De modo geral, o óleo essencial de citronela mostrou potencial inibitório em cinco das seis bactérias testadas para a concentração e tempos analisados.

De acordo com os resultados do ensaio antibacteriano de Simic et al. (2008) para o óleo essencial de *Cymbopogon winterianus*, o mesmo exibiu atividade contra *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus* e *Staphylococcus aureus*, mas foi inativo contra bactérias Gram negativas resistentes *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* e *Pseudomonas tolaasii* às concentrações testadas. Os autores ressaltaram ainda, que as bactérias Gram-positivas eram mais sensíveis do que as Gram-negativas a esse óleo. Confirmando no presente estudo, que para as Gram-positivas, os tempos de exposição para inibição das mesmas foram menores quando equiparados com os tempos das Gram-negativas.

4 | CONCLUSÃO

Com a realização do presente trabalho, conclui-se que para o teste de disco-difusão e tempo de contato a citronela tem um potencial inibitório alto com a concentração testada. Considerando que houve formação de halos em todas as concentrações testadas e inibição total de mais de 83% das bactérias nos tempos estudados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A C et al. **Potencial antimicrobiano dos óleos essenciais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* L.) e alfavacão (*Ocimum gratissimum* L.) em carne moída de ovinos contaminada experimentalmente com *Staphylococcus aureus*.** Revista Brasileira de Ciência Veterinária, Niterói, v. 20, n. 4, p.248-251, 2013.

Ferreira, J. C. **Bactérias potencialmente resistentes a antibióticos, desinfetantes e radiação ultravioleta, isoladas de esgoto hospitalar e esgoto sanitário.** 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Tecnológica do Paraná.

KOCH, T. et al. **Comparative study of microbiological monitoring of water-miscible metalworking fluids.** Internation Biodeterioration & Biodegradation, v. 98, p. 19-25, mar. 2015.

NERIO, L.S. et al. **Repellent activity of essential oils: a review.** Bioresource Technology, v. 101, n. 1, p. 372-378, 2010.

OLIVEIRA, M. M. M. et al. **Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*.** Revista Brasileira Plantas Mediciniais, v. 13, n. 1, p. 8-16,

2011.

PASSMAN, F. J. **Understanding four significant factors can help control microbial contamination in metalworking operations.** Tribology & lubrication technology, v. 60, n. 4, p. 24-27, 2004.

SILVEIRA, S. M. et al. **Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda).** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 71, n. 3, p. 462-470, 2012.

SIMIC, A. et al. **Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus*. and *Carum carvi*. and their antimicrobial activities.** Pharmaceutical Biology, v. 46, n. 6, p. 437-441, 2008.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Franciele Braga Machado Tullio: Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Lucio Mauro Braga Machado: Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando nas áreas de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção atômica 1, 3
Agências bancárias. 129, 130, 131
Algoritmo *simulated annealing* modificado 90, 91, 97, 104
Análise termogravimétrica 1, 3, 4, 5
Aplicativos móveis 124, 129
Automatic Transmissions 133, 134

B

Biocida natural 147

C

Carvão 1, 5
Controle de poeira 52, 60

D

Distribuidor 78, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 89

E

Eficiência Energética 33
Emulação 78, 82, 85, 89
Energia Fotovoltaica 33

F

Filmes poliméricos 52, 53, 55, 60

G

Gestão 19, 21, 31, 118, 119, 123, 126
Granito 21, 23, 25, 29, 30, 31

H

Halos 147, 148, 149, 150, 151

I

Insumos 118, 119, 120, 122

M

Mão-de-Obra 118, 119, 120
Mármore 21, 22, 23, 25, 28, 29, 30
Microprocessador 78
Minério de ferro 52, 53, 60
Muros de contenção 90

N

NDAE 21, 52, 53, 59, 60, 62, 63

O

Orçamento 118, 119, 120, 123, 153

Otimização 90, 91, 95, 98, 99, 103

Oxidation stability 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 18

P

Particle Swarm Optimization 90, 133, 134, 139

Potencial inibitório 147, 151

Pre filter 7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 18

Produtividade 27, 118, 119, 120

Q

Qualidade de Energia Elétrica 32, 33, 35, 38, 40, 41, 44, 48, 49, 51

Qualidade de Serviço 62

R

Reaproveitamento 21, 30

Regulador 23, 78, 79, 80, 81, 83, 89

Resíduos 1, 2, 5, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 80, 118

S

Sistema BRS 62, 68, 70

Sistema de informação 65, 124, 125, 126, 127, 132

Sludge 1, 2, 5, 6, 7, 8, 13

T

Torque Converter 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 146

Transporte público 62, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77

V

Vagão 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60

Válvulas 78, 80, 82, 85, 89

Vibração 52, 53, 55, 58, 59, 60

W

Water separation 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

 **Atena**
Editora

2 0 2 0