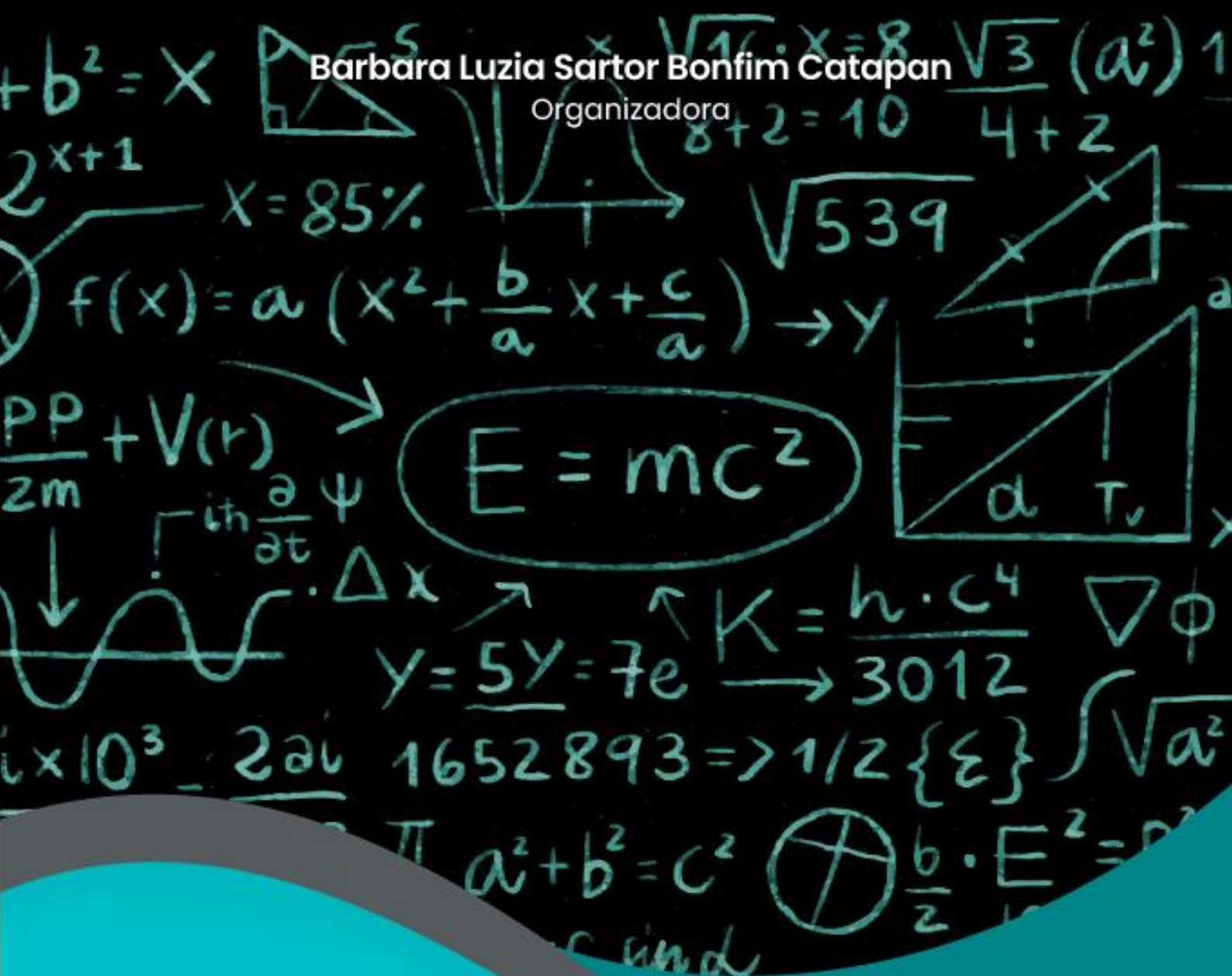


Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Organizadora



O DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS VOLTADAS PARA AS **CIÊNCIAS EXATAS**

VOL. 1

CURITIBA
2021



**Organizadora
Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan**



**O desenvolvimento de novas
tecnologias voltadas para as ciências
exatas**

Reflexão Acadêmica
Vol. 01
editora

**Curitiba
2021**

Copyright © Editora Reflexão Acadêmica
Copyright do Texto © 2021 O Autor
Copyright da Edição © 2021 Editora Reflexão Acadêmica
Editora-Chefe: Profa. Msc. Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Diagramação: Lorena Fernandes Simoni
Edição de Arte: Editora Reflexão Acadêmica
Revisão: O Autor

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

Conselho Editorial:

Prof^a. Msc. Rebeka Correia de Souza Cunha, Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Msc. Andre Alves Sobreira, Universidade do Estado do Pará - UEPA

Prof^a. Dr^a. Clara Mariana Gonçalves Lima, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof^a. PhD Jalsi Tacon Arruda, Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA

Prof^a. Dr^a. Adriana Avanzi Marques Pinto, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

Prof. Dr. Francisco Souto de Sousa Júnior, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA

Prof. Dr. Renan Gustavo Pacheco Soares, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Sérgio Campos, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Brasil.

Prof. Dr. Francisco José Blasi de Toledo Piza, Instituição Toledo de Ensino, Brasil.

Prof. Dr. Manoel Feitosa Jeffreys, Universidade Paulista e Secretaria de Educação e Desporto do Amazonas, Brasil.

Prof^a. Dr^a. Mariana Wagner de Toledo Piza, Instituição Toledo de Ensino, Brasil.

Prof. Msc. Gleison Resende Sousa, Anhanguera Polo Camocim, Brasil.

Prof^a. Msc. Raiane Vieira Chaves, Universidade Federal de Sergipe, Brasil.

Prof^a. Dr^a. Thalita Siqueira Sacramento, Escola da Natureza- Secretaria de Educação do Distrito Federal, Brasil.

Prof. Msc. André Luiz Souza, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil.

Prof^a. Dr^a. Leonice Aparecida de Fatima Alves Pereira Mourad, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

Prof^a. Dr^a. Lenita de Cássia Moura Stefani, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil.



Reflexão Acadêmica
editora

Ano 2021

Prof^a. Msc. Vanesa Nalin Vanassi, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Khétrin Silva Maciel, Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Adriana Crispim de Freitas, Universidade Federal do Maranhão, Brasil.
Prof. Esp. Richard Presley Silva Lima Brasil, Centro De Educação Superior De Inhumas Eireli, Brasil.
Prof^a. Dr^a. Vânia Lúcia da Silva, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.
Prof.^a Dr^a. Anna Maria de Oliveira Salimena, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.
Prof.^a Dr^a. Maria Clotilde Henriques Tavares, Universidade de Brasília, Brasil.
Prof.^a Dr^a. Márcia Antonia Guedes Molina, Universidade Federal do Maranhão, Brasil.
Prof. Msc. Mateus Veppo dos Santos, Centro Universitário Euro-Americano, Brasil.
Prof.^a Msc. Adriana Xavier Alberico Ruas, Funorte, Brasil.
Prof.^a Msc. Eliana Amaro de Carvalho Caldeira, Centro Universitário Estácio - Juiz de Fora MG, UFJF, Brasil.
Prof. Msc. João Gabriel de Araujo Oliveira, Universidade de Brasília, Brasil.
Prof.^a Dr.^a Anísia Karla de Lima Galvão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil.
Prof.^a Dr.^a Rita Mônica Borges Studart, Universidade de Fortaleza, Brasil.
Prof.^a Msc. Adriane Karal, UDESC/UCEFF, Brasil.
Prof.^a Msc. Darlyne Fontes Virginio, IFRN, Brasil.
Prof.^a Msc. Luciana Mação Bernal, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.
Prof. Dr. Roberto José Leal, Escola de Enfermagem Anna Nery / Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.



Reflexão Acadêmica
editora

Ano 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C357o Catapan, Barbara Luzia Sartor Bonfim

O desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para as ciências exatas / Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan.
Curitiba: Editora Reflexão Acadêmica, 2021.
298 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-84610-00-2

1. Ciências Exatas. 2. Tecnologia.

I. Catapan, Barbara Luzia Sartor Bonfim. II. Título.

Editora Reflexão Acadêmica
Curitiba – Paraná – Brasil
1contato@reflexaoacademica.com.br



Reflexão Acadêmica
editora

Ano 2021

ORGANIZADORA

Sobre a organizadora - Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan - Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUCPR. Possui graduação em Administração pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR (2014), bacharelado em Pedagogia pela Faculdade das Américas - FAM (2020) e MBA em Gestão Executiva de Negócios pela Universidade Braz Cubas (2016). Atuou, profissionalmente, em duas organizações nas áreas financeira e administrativa. Foi professora convidada no Instituto de Educação e Pós-Graduação em Negócios (IEN), ministrando aulas em cursos de extensão a distância. Foi Professora Pesquisadora no Instituto Federal do Paraná - IFPR no curso Técnico de Logística. Publicou 9 artigos em periódicos e 9 artigos em congressos nacionais e internacionais. Atualmente, atua como Editora-chefe na empresa Reflexão Acadêmica Editora.

APRESENTAÇÃO

O livro “O desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para as ciências exatas vol.1”, publicado pela Reflexão Acadêmica Editora, coletânea que traz um conjunto de dezoito capítulos, irá apresentar trabalhos relacionados com os diversos temas da área de exatas como um todo.

É apresentado um trabalho sobre, a educação ambiental utilizando resíduos sólidos como tema interdisciplinar, expondo os problemas ambientais em nossa sociedade, em especial sobre o lixo, seu destino e possíveis formas de reaproveitamento. O livro também traz um trabalho sobre jogos educativos como ferramenta para inclusão do ensino religioso utilizando libras, para isto, foi desenvolvido um jogo através do C++ (linguagem de programação compilada multiparadigma), uma vez que o nível de qualidade dos gráficos e a interação com o mundo tecnológico através da internet, torna a experiência interessante. Outro trabalho que faz parte desta coletânea é uma proposta para o monitoramento e controle inteligente de tráfego urbano, Esse artigo descreve um sistema de controle de tráfego urbano que visa contribuir para um gerenciamento de tráfego mais eficiente. São utilizados teoria dos conjuntos nebulosos, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos para lidar com as situações dinâmicas e imprevisíveis do tráfego urbano, entre outros trabalhos.

Dessa forma agradecemos todos os autores pelo esforço e dedicação colocados em seus trabalhos. Esperamos poder contribuir com a comunidade científica que se interessa por temas relacionados na área das ciências exatas e que o livro auxilie em futuras pesquisas voltadas na temática discutida.

Boa leitura!

Profa. MSc. Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	1
RECICLAGEM DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS COM ADIÇÃO DE AGENTE ESTABILIZANTE Andréa Silveira Netto Nunes Francisco Dalla Rosa DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000191	
CAPÍTULO 02	10
COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS PARA EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS TOTAIS DAS ESPÉCIES DE MOLUSCOS <i>Prisodon corrugatus</i> E <i>Prisodon obliquus</i> Ione Iolanda dos Santos Patrícia Dias dos Santos Jaqueline Lima de Moura Ladson Fábio de Oliveira DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000192	
CAPÍTULO 03	15
PROYECTO DE APOYO PARA EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES VIBREC 500 Elvira M. Queiroz Damián F. Campos Germán G. Keil DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000193	
CAPÍTULO 04	29
ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES RESIDUAIS EM JUNTA “T” COM SOLDAS D FILETE Salvatore Verde Alberto Borges Vieira Jr Alex Alves Bandeira Manoel Carreira Neto DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000194	
CAPÍTULO 05	42
MAROQ: UM MODELO DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS ORIENTADO A QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA André Luiz Tinassi D’Amato DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000195	
CAPÍTULO 06	54
EQUIVALÊNCIA DE GRUPOS COM VARIÁVEIS LATENTES: UMA APLICAÇÃO DE MODELAGEM DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS NA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO GÊNERO NA SATISFAÇÃO DO CLIENTE EM COMUNICAÇÕES MÓVEIS Gutembergue Soares da Silva André Pedro Fernandes Neto	

Teófilo Camara Mattozo
Alfredo Ferreira Costa
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000196

CAPÍTULO 0792

NON IONIZING RADIATION IN URBAN AREAS: MODELING OF ELECTRIC FIELD INTENSITY FROM TV BROADCASTING USING MULTIVARIATE STATISTICS REGRESSION

Fred Sizenando Rossiter Pinheiro
Gutembergue Soares da Silva
Marcio Eduardo da Costa Rodrigues
André Pedro Fernandes Neto
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000197

CAPÍTULO 08114

JOGO EDUCATIVO COMO FERRAMENTA PARA INCLUSÃO DO ENSINO RELIGIOSO UTILIZANDO LIBRAS

Cosme Lopes de Oliveira
Hilson Barbosa da Silva
Helton Gírio Matos
Aristóteles Meneses Lima
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000198

CAPÍTULO 09135

GEOMETRIA EM CORES E FORMA: UMA EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA

José Dantas da Silva
Regilania da Silva Lucena
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000199

CAPÍTULO 10147

USO DA DEMONSTRAÇÃO DOS FLUXOS DE CAIXA PELOS USUÁRIOS EXTERNOS E PREPARADORES À LUZ DA TEORIA DA DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

Marta Cristina Pelucio Grecco
Fabiana Lopes da Silva
Atacílio Ferreira Junior
Daniel Rodrigo Bartoletti
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000200

CAPÍTULO 11175

LOGÍSTICA REVERSA: UMA TENDÊNCIA NO MEIO EMPRESARIAL

Ieda Márcia Donati Linck
Sabrina Viana Pinheiro
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000201

CAPÍTULO 12180

CONCRETO PERMEÁVEL: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PELA INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS

Hugo Alessandro Almeida Diniz

Kalina Januário Marques de Souza
Ítalo Vale Monte Júnior
DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000202

CAPÍTULO 13.....201

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL, COMO PROPOSTA DE EDUCAÇÃO, UTILIZANDO OS RESÍDUOS SÓLIDOS (LIXO) COMO TEMA INTERDISCIPLINAR

Ione Pires Arruda
Jozil Gabriel Teixeira Silva
Lúcia Regina dos Santos
Maria Inez Silva Pereira
Suely Guimarães de Souza
Jorge Marques de Arruda

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000203

CAPÍTULO 14.....208

PROJETO DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA DA ESCOLA MUNICIPAL MAXIMIANO ARCANJO DÁ CRUZ: ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DA FABRICAÇÃO DA RAPADURA, BOM SUCESSO – VÁRZEA GRANDE-MT, COM FOCO NA ECONOMIA SOLIDÁRIA

Ione Pires Arruda
Jozil Gabriel Teixeira Silva
Lúcia Regina dos Santos
Maria Inez Silva Pereira
Suely Guimarães de Souza
Jorge Marques de Arruda

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000204

CAPÍTULO 15.....214

SEMISSÍNTESE E A AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DOS DERIVADOS DO FUCOSTEROL

Francisco Erivaldo Freitas da Silva
Fábio do Nascimento Ávila
Gilvandete Maria Pinheiro Santiago
Otília Deusdênia Loiola Pessoa
José Galberto Martins da Costa
Gardência Carmen Gadelha Militão

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000205

CAPÍTULO 16.....243

EMULADOR FOTOVOLTAICO SIMPLES USANDO UM CONVERSOR DE QUATRO INTERRUPTORES

Leandro L. O. Carralero
Gabriel Santa Barbara
Fabiano F. Costa
André P. N. Tahim

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000206

CAPÍTULO 17.....261

OFÍCIO DE ALUNO NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: CONDIÇÕES PARA O
SUCESSO NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM – OLHARES SOBRE UMA
EXPERIÊNCIA EM EaD

Gláucia M. Carvalho Cota

Suzana Lanna Burnier

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000207

CAPÍTULO 18.....279

UMA PROPOSTA PARA O MONITORAMENTO E CONTROLE INTELIGENTE DE
TRÁFEGO URBANO

Gilberto Nakamiti

Fábio Pessoa de Sá

José Henrique Ventura

Vinícius Eduardo S. da Silva

DOI: doi.org/10.51497/reflex.0000208

CAPÍTULO 01

RECICLAGEM DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS COM ADIÇÃO DE AGENTE ESTABILIZANTE

Andréa Silveira Netto Nunes

Aluna do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo
E-mail: andreasnunes2@gmail.com

Francisco Dalla Rosa

Professor Doutor e Pesquisador do Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo
E-mail: dallarosa@upf.br

Resumo: Nesta pesquisa são apresentados os resultados do estudo da reciclagem de pavimentos flexíveis com a adição de cimento Portland. Inicialmente, o material foi caracterizado tecnologicamente para posterior composição da mistura com o agente estabilizante. Para a realização da mistura, houve a necessidade da correção da curva granulométrica do fresado com adição de 22% de rocha virgem, dentro dos limites propostos pela especificação DAER-ES-P 11/91 (DAER/RS, 1991). As misturas sofreram adição de teores de cimento entre 1% a 8%. Os resultados preliminares têm mostrado que, segundo ensaios de resistência à compressão simples e à tração, a mistura obteve resultados compatíveis com o de umidade ótima (8%) e massa específica seca (2 g/cm^3), obtidos no ensaio de compactação Proctor. Além de que, as porcentagens de 4% e 8% de cimento apresentaram os resultados mais compatíveis de resistência à compressão e à tração segundo DER/PR ES-P 11/05 (DEP/PR, 2005) e VITALI et al, concluindo-se que o teor ideal de cimento a ser utilizado deverá ser maior que 3,5%. Todos esses resultados servirão de base para um posterior estudo do comportamento de vida de fadiga das camadas recicladas.

Palavras-chave: Reciclagem Profunda; Fresado; Materiais Cimentados.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com o crescimento da economia, há a necessidade da existência de vias que interligam e agregam valores. Com o decorrer do tempo, devem ter a capacidade de suportar tráfegos que aumentam consideravelmente, e com isso, o pavimento asfáltico passa a deteriorar-se estruturalmente, havendo a necessidade de restauração da sua capacidade de carga. Para isso, é necessário que haja um cuidado em relação aos materiais empregados em sua restauração, bem como, do impacto ambiental causado pelos mesmos.

Surge então, a alternativa da Reciclagem, onde o reaproveitamento baseia-se na retirada do material gerado no corte da camada desgastada (por máquina fresadora) ou também chamado de fresado, para a produção de novas misturas, que aproveitam os agregados e ligantes remanescentes. Esse material proveniente do corte é misturado com cimento Portland CPV-ARI e quando necessário, com agregado virgem, para a construção da nova camada recuperada.

Experiências recentes (TRICHÊS e SANTOS, 2011; BONFIM, 2010; outros) têm demonstrado o sucesso da utilização da reciclagem de pavimentos com adição de agentes cimentantes.

Para os ensaios, o material foi devidamente desagregado e caracterizado tecnologicamente. Todos os resultados atingidos até agora, serão a base para o estudo do comportamento de vida de fadiga das camadas recicladas, que será realizado na sequência da pesquisa.

2. MATERIAIS UTILIZADOS

Todos os materiais utilizados são provenientes da região de Passo Fundo, no norte do estado do Rio Grande do Sul.

2.1 Fresado

O fresado (Fig. 1) é um material impermeabilizado com presença de gumos que dependem diretamente da máquina fresadora e das dimensões do cilindro de corte que realiza o serviço de retirada do material.

Figura 1: Material Fresado



Fonte: Os autores

2.2 Rocha Basáltica

A rocha basáltica é caracterizada pela sua dureza e resistência, fatores que possibilitam o uso em pavimentação de ruas e estradas. Para os ensaios de caracterização foram utilizados três tamanhos de rocha basáltica: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " e areia britada.

2.3 Cimento e água

O agente estabilizante utilizado foi o cimento Portland CP-V ARI, por possuir alta resistência inicial. A presença da água é importante para melhorar a trabalhabilidade e para facilitar a compactação. A quantidade de água da mistura exercerá grande influência na resistência da mesma.

3. METODOLOGIA

3.1 Ensaios de Caracterização

Segundo Roberts *et al* (1996) são as propriedades físicas dos agregados que determinam principalmente a adequação para o uso em misturas asfálticas.

Massas específicas e absorção. Segundo a Tabela 1, o fresado apresentou valores inferiores de massa específica em relação aos do agregado virgem, pelo fato de ser um material impermeabilizado possuir grumos.

Tabela 1: Valores de massas específicas

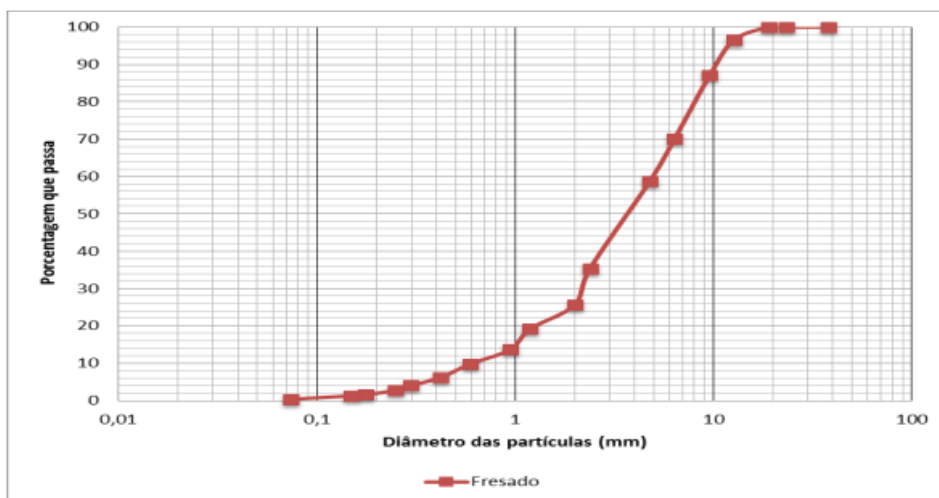
	Fresado	Areia	3/8"	3/4"
Aparente Agr. Graúdo (g/cm ³)	2,08	-	2,24	2,41
Real Agr. Graúdo (g/cm ³)	2,32	-	2,70	2,58
Real Agr. Miúdo (g/cm ³)	2,42	2,56	2,56	-
Aparente Estado Solto (g/cm ³)	1,30	1,64	1,55	1,30

Fonte: Os autores

Foi realizada a absorção da brita ¾", resultando em 2,81% .

Granulometria. Foram realizados ensaios de granulometria do fresado (Fig. 2), bem como do material virgem.

Figura 2: Análise Granulométrica do fresado



Fonte: Os autores

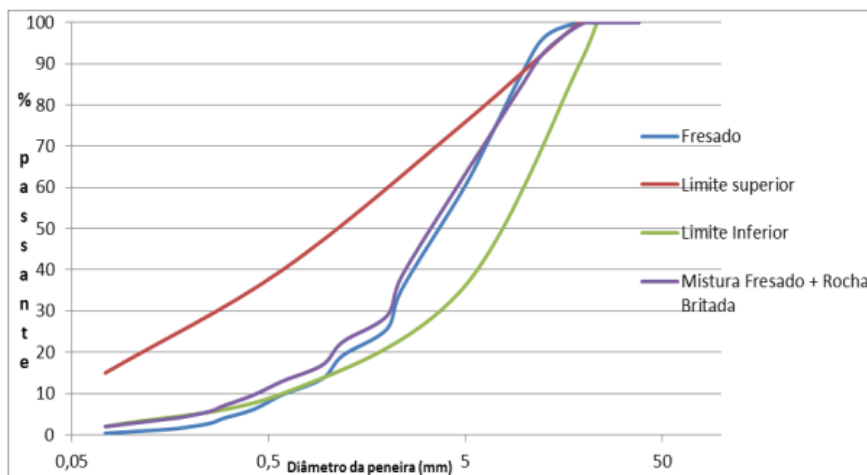
Extração de Ligante Asfáltico. Foi utilizado o extrator centrífugo Rotarex e o solvente Tricloroetileno (C₂HCl₃), resultando em 4,88% de asfalto.

3.2 Correção da curva granulométrica

Como pode ser visto na Figura 3, a correção da curva do fresado com rocha virgem, foi realizada para que se enquadrasse dentro dos limites da "Especificação

para base de brita graduada tratada com cimento” do DAER-ES-P 11/91 (DAER/RS, 1991). Obteve-se a quantidade de 78% de fresado, 6% de brita ¾” e 16% de areia britada do peso total seco, para posterior realização do Ensaio Proctor.

Figura 3: Limites da especificação para correção

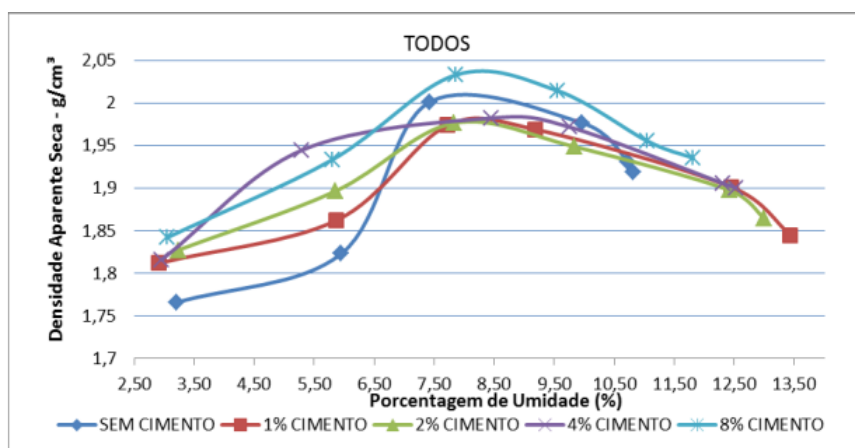


Fonte: Os autores

3.3 Ensaio de Compactação

O ensaio foi realizado utilizando a energia Proctor Modificado com teores de cimento variando de 1 a 8% (Fig. 4). Os parâmetros ótimos da compactação encontrados foram 8% de umidade ótima e 2 g/cm³ de massa específica seca máxima, com o que, serão asseguradas as propriedades necessárias que o material fresado deve ter para um bom desempenho, posteriormente.

Figura 4: Ensaio Proctor



Fonte: Os autores

3.4 Ensaios de Resistência Mecânica

Os ensaios de resistência foram realizados com porcentagens de cimento de 1%, 2%, 4% e 8%, com cura de sete dias e buscam compatibilizar ações solicitantes do tráfego com a capacidade dos materiais utilizados.

Compressão Simples. A moldagem dos corpos de prova (Fig. 5) seguiu as normas de concreto (ABNT NBR 5739). O objetivo é avaliar a evolução da resistência das misturas para dos diferentes teores de cimentos.

Figura 5: Prensa de compressão simples



Fonte: Os autores

Tração. Os resultados obtidos no ensaio de tração com aplicação de forças através de frisos de carga no CDP cilíndrico Marshall convencional (Fig. 6), posteriormente influenciarão nas cargas que serão utilizadas no ensaio de vida de fadiga.

Figura 6: Ensaio de tração



Fonte: Os autores

4. RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de compressão simples e tração estão apresentados de forma mais detalhada na Tabela 2.

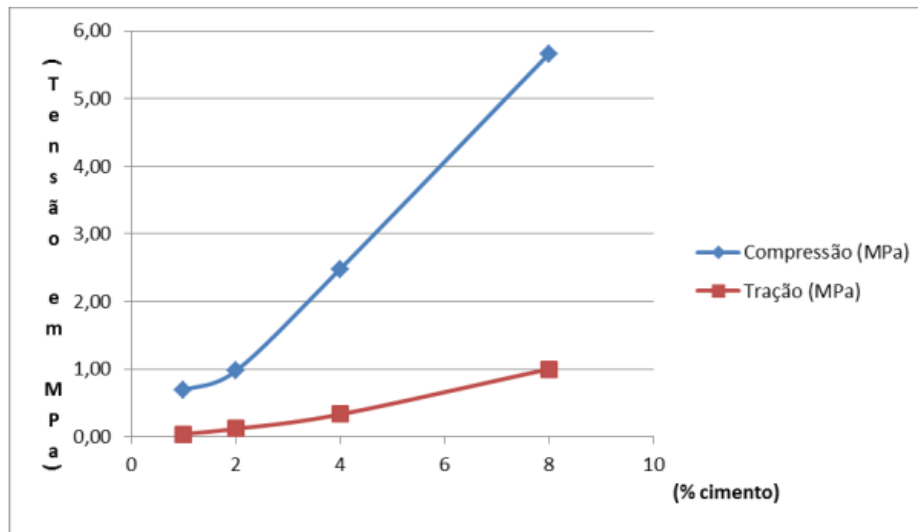
Tabela 2: Resultados de Compreensão Simples

Ensaio	COMPRESSÃO SIMPLES				TRAÇÃO			
	1% cim.	2% cim.	4% cim.	8% cim.	1% cim.	2% cim.	4% cim.	8% cim.
Tensão de Ruptura (MPa)	0,69	0,97	2,48	5,66	0,04	0,12	0,33	1,00
Umidade (%)	9,74	9,22	8,38	6,13	6,87	6,84	6,93	6,47
Densidade seca (g/cm ³)	2,06	2,04	2,10	2,12	2,02	1,85	1,68	2,11

Fonte: Os autores

Observa-se que o ganho de resistência das amostras ocorre de forma proporcional ao acréscimo de cimento (Fig. 7). Posteriormente, é importante também que haja a avaliação no ponto de vista da vida de fadiga deste novo material cimentado, que será o próximo passo da pesquisa.

Figura 7: Comparação dos ensaios de compressão e tração



Fonte: Os autores

5. CONCLUSÕES PARCIAIS

Em se falando de resistência à compressão simples, as porcentagens de 4% e 8% apresentaram conformidade com a norma de solo-cimento (DER/PR ES-P 11/05), onde a resistência à compressão simples da mistura a cura de sete dias é superior a 2,1 Mpa.

“Estudos mostram que a resistência à tração do solo-cimento varia entre 9 a 14% da resistência à compressão” (VITALI *et al.*, 2008). Obtiveram-se valores para a resistência à tração, em média, de 12,44% da resistência à compressão. Por isso, assim como para o ensaio de compressão, as misturas com porcentagem de cimento de 4% e 8% apresentam conformidade com a literatura.

Portanto, misturas com mais de 3,5% de teor de cimento seriam ideais para um bom desempenho, tanto à compressão, quanto à tração.

Para a execução de uma pista experimental ainda é necessário um estudo mais aprofundado do tema, onde um aspecto de grande importância será a avaliação do desempenho destas misturas recicladas do ponto de vista da vida de fadiga, que posteriormente serão usados como critério de dimensionamento.

Agradecimentos. À FAPERGS e CNPQ (Processo 477775/2011-0) pelo apoio financeiro concedido ao projeto. À Universidade de Passo Fundo pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. ABNT NBR 5739:2007;

Bonfim, v. *Fresagem de pavimentos asfálticos*. 3. ed. São Paulo: Exceção Editorial, 2010; Departamento autônomo de estradas de rodagem, DAER- RS. Especificações gerais. *Base tratada com Cimento*: DAER-ES-P 11/91. Junho/96. P. 1/11- 11/11;

Paraná. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná, DER-PR. Especificação de Serviços Rodoviários. *Pavimentação: solo-cimento e solo tratado com cimento*: DER/PR ES-P 11/05. 14/12/2005. Rio Grande Do Sul;

ROBERTS, F.L.; KANDHAL, P.S.; BROWN, E.R.; LEE, D-Y.; KENNEDY, T.W. *Hot mix asphalt materials, mixture, design, and construction*. 2. ed. Lanham, Maryland: Napa Education Foundation, 1996;

TRICHÊS, G.; SANTOS, A. dos. *Avaliação do desempenho da reciclagem do pavimento da rodovia SC 303*. 7º Congresso Brasileiro de Rodovias e Concessões. 15p. 2011;

VITALI, O.P.M. *Efeito da composição de misturas de solo-cimento nos parâmetros de rigidez e de resistência*. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2008.

CAPÍTULO 02

COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS PARA A EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS TOTAIS DAS ESPÉCIES DE MOLUSCOS *Prisodon corrugatus* E *Prisodon obliquus*

Ione Iolanda dos Santos

Engenheira Agrônoma/Professora – UFOPA
E-mail: ione_iolanda@hotmail.com

Patrícia Dias dos Santos

Graduanda do Bacharelado em Engenharia de Pesca – UFOPA
E-mail: engenhariadepescapaty@gmail.com

Jaqueline Lima de Moura

Graduanda do Bacharelado em Engenharia de Pesca – UFOPA
E-mail: jaquelinemoura02.jm@gmail.com

Ladson Fábio de Oliveira

Graduando do Bacharelado em Engenharia de Pesca – UFOPA
E-mail: fabioladson@gmail.com

Resumo: A carne de molusco é um alimento que possui, entre outras biomoléculas, as proteínas, os carboidratos e as gorduras em sua composição. Acredita-se que a associação da gordura a esses componentes, pode limitar a extração dos lipídios pelo método de weende, utilizado comumente, nas análises de rotina de laboratório. Com o objetivo de analisar o teor de lipídios totais de duas espécies de moluscos, encontrados na região do Baixo Amazonas, propôs-se um projeto, visando comparar a eficiência das metodologias Soxhlet (weende) e Hidrólise ácida, seguindo os protocolos de Prates (2007). Analisando-se os dados obtidos neste trabalho, não constatou-se diferenças significativas ($P > 0,05$) para os teores de lipídios totais extraídos por Soxhlet para ambas as espécies testadas. No entanto, foi encontrada diferença significativa no teor de lipídios totais entre as espécies utilizando-se o método hidrólise ácida. Com este método obteve-se uma média de 1,45 % para a espécie *P. corrugatus* e 1,30 % para a espécie *P. obliquus*. Comparando-se os métodos hidrólise ácida e Soxhlet, percebeu-se que o primeiro foi significativamente ($P < 0,05$) superior ao segundo, por extrair maior teor de lipídios totais. Provavelmente, as amostras de moluscos apresentaram proteínas e ou açúcares complexados à gordura, fazendo da hidrólise ácida o método mais indicado à extração dos lipídios.

Palavras-chave: Bromatologia; Análise centesimal; Gordura.

1. INTRODUÇÃO

Os moluscos bivalves possuem grande importância na dieta humana, assim como forma de ingrediente na fabricação de ração para peixes, por serem ricos em nutrientes essenciais e por fornecerem proteínas de elevada qualidade biológica (STORER et al., 2003). Apesar disso, esses organismos ainda encontram um limitado repertório bibliográfico acerca de metodologias às análises bromatológicas.

Dos constituintes nutricionais de um alimento, a fração lipídica é uma das mais importantes, pois possui função estrutural nos organismos vivos, na forma de fosfolipídios, como constituintes das membranas celulares (TREVISAN & KESSLER, 2009), além de aumentar a densidade energética das dietas, uma vez que a gordura tem 2,25 vezes mais conteúdo energético que os carboidratos (REDDY et al., 1994). BRUM et al. (2009) relataram que sua extração é uma determinação relevante em estudos bioquímicos, fisiológicos e nutricionais dos mais diversos alimentos e, portanto, deve ser realizada com acurácia.

O percentual lipídico de um alimento pode ser convenientemente determinado através de diferentes métodos. Para amostras secas ou mistura de alimentos, um dos indicados é o método de Soxhlet, que consiste na passagem descontínua e intermitente de um solvente orgânico na amostra por no mínimo 4 horas (PRATES, 2007). Contudo, alimentos ricos em proteína e/ou carboidratos podem dificultar a extração da gordura. Esta última, pode estar complexada às proteínas ou aos açúcares e necessitar de um tratamento para quebrar estas ligações. Neste caso, indica-se o método de hidrólise ácida.

O método consiste no tratamento da amostra com ácido sulfúrico ou clorídrico e álcool etílico para hidrolisar a ligação entre proteína e carboidrato conjugada à gordura. O álcool precipita a proteína e/ou açúcar que serão dissolvidos no ácido e a gordura separada pode ser extraída com éter.

O objetivo, neste trabalho é comparar as metodologias de extração de lipídios totais, soxhlet e hidrólise ácida, para as duas espécies de moluscos, *Prisodon corrugatus* e *Prisodon obliquus*, encontrados na comunidade de São Francisco do Carapanari em Santarém no Pará.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o período da estação seca, depois de baixar o nível do rio, na comunidade de São Francisco do Carapanari em Santarém no Pará, foram coletadas as amostras de moluscos e levadas ao laboratório de recursos aquáticos da Universidade Federal do Oeste do Pará. No laboratório as amostras foram separadas por espécies (*Prisodon corrugatus* e *Prisodon obliquus*) e armazenadas em freezer a -5 °C até as análises. Posteriormente, as amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C com variação de ± 5 °C por aproximadamente 72h. Após o peso constante, foram submetidas à secagem em estufa 105 °C por 12 h. Por diferença de peso, foi calculado o percentual de matéria seca (PRATES, 2007).

A determinação dos lipídios totais foi realizada segundo os métodos de Soxhlet e hidrólise ácida de acordo com Prates (2007). Para a extração dos lipídios por Soxhlet se utilizou o solvente éter de petróleo. Para a hidrólise ácida, além do éter de petróleo foram utilizados o álcool etílico e o ácido sulfúrico, ambos os solventes de pureza absoluta. Para cada espécie foram feitas cinco repetições de aproximadamente 2g cada.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância usando-se o programa SPSS (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os dados obtidos, não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) para os teores de lipídios totais extraídos por Soxhlet para ambas as espécies avaliadas (tabela 1). Os teores e lipídios encontrados estão de acordo com os valores publicados na literatura para outras espécies de moluscos (VICENZI, 2010).

Comparando-se os métodos de análises utilizados neste trabalho, percebe-se que o método hidrólise ácida foi capaz de extrair uma maior quantidade de lipídios totais ($P < 0,05$) em relação ao método Soxhlet (tabela 1). Provavelmente, porque as amostras analisadas possuíam em suas constituições, quantidades consideráveis de frações proteicas e ou glicídicas complexadas à gordura e neste caso o método Soxhlet não foi eficiente para quebrar as ligações das gorduras às referidas frações, extraindo apenas a porção de lipídios livres nas amostras. Neste contexto, conclui-se

que o método hidrólise ácida é o mais indicado à extração da gordura das espécies de moluscos estudadas.

Tabela 1: Metodologias de extração de lipídios totais, com base na matéria seca (*11,75% e **13,58%) para espécies de moluscos

Espécies	Metodologias de extração			
	Soxhlet	Hidrólise Ácida	P	CV (%)
<i>Prisodon corrugatus</i> *	1,12 ^c	1,45 ^a	0,039	14,00
<i>Prisodon obliquus</i> **	1,19 ^c	1,30 ^b	0,043	19,98
Probabilidades (P)	0,734	0,014		
CV(%)	25,73	4,51		

Médias na mesma coluna e linha seguidas de letras distintas diferem significativamente ($P < 0,05$);

CV: Coeficiente de variação; P: Probabilidades

Fonte: Os autores

4. CONCLUSÃO

Nas condições em que este trabalho foi realizado o método hidrólise ácida se mostrou mais eficiente ($P < 0,05$) para extração dos lipídios totais. Não é recomendado utilizar-se o método Soxhlet à extração de lipídios totais das espécies de moluscos *P. corrugatus* e *P. obliquus*.

REFERÊNCIAS

BRUM, A.S; ARRUDA, L.F; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Química nova*, v.32, n.4, p.849-854, 2009.

PRATES, E. R. *Técnicas de Pesquisa em Nutrição Animal*. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 2007. v. 1. 414p

REDDY, P.V.; MORRIL, J.L.; NAGARAJA, T.G. Release of fatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. *Journal of Dairy Science*, v.77, p.341-346, 1994.

STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES (SPSS). Version 22.0.0.0. [Computer program]. Chicago: SPSS Inc.; 2017.

STORER, T. I.; USINGER, R.L.; STEBBINS, R.C. *Zoologia geral*. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.

TREVISAN, L.; KESSLER A.M. Lipídios na nutrição de cães e gatos: metabolismo, fontes e uso em dietas práticas e terapêuticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.15-25, 2009.

VICENZE, R. *Apostila de Bromatologia*. Itabuna: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2010. 77 p.

CAPÍTULO 03

PROYECTO DE APOYO PARA EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES VIBREC 500

Elvira M. Queiroz

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) – Faculdade de Engenharia
E-mail: elvira_queiroz@hotmail.com

Damián F. Campos

Universidad Nacional del Comahue (UNCO) – Facultad de Ingeniería
E-mail: damian.campos@fain.uncoma.edu.ar

Germán G. Keil

Universidad Nacional del Comahue (UNCO) – Facultad de Ingeniería
E-mail: german.keil@fain.uncoma.edu.ar

Resumen: La principal forma adoptada para la distribución de energía es a través del uso de cables de red de transmisión aérea, estas líneas de transmisión están expuestas a varios factores ambientales climáticos que pueden causar daños a la red. Uno de estos problemas que debe monitorearse son las vibraciones que pueden generar muchos inconvenientes, como fallas mecánicas, que causan daños no solo a la empresa y sus clientes. Por lo tanto, para evitar estas fallas, las compañías de distribución de energía invierten en análisis de vibraciones. Hay pocos fabricantes de equipos para este tipo de análisis, que tampoco fabrican soportes de montaje para cables de transmisión. Cada cliente necesita fabricar el soporte que mejor se adapte a sus necesidades. Este trabajo presenta cómo fue posible mejorar un soporte ya diseñado para la instalación de equipos de análisis de vibraciones, de una manera más práctica y segura en la red. Con la ayuda del software Solid Works, se diseñó la adaptación, construida en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, Argentina. Después se realizaron pruebas, donde fue posible observar que el modelo desarrollado satisfizo las necesidades a través de los resultados obtenidos por el software del equipo de análisis de vibraciones utilizado. Por lo tanto, se concluye que el modelo desarrollado es eficiente y se puede adoptar para el equipo en cuestión.

Palabras-llave: Distribución; Conductores; Red Eléctrica; Mantenimiento; Ensayos.

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es de fundamental importancia para el desarrollo de las actividades y para el progreso del mundo actual. La electricidad, una vez que se genera, se transmite a través de una amplia línea de cables de red, llamados conductores que están soportados por torres de metal que también tienen la función de separarlos.

Según Frontin et al. (2010) para el suministro seguro y confiable de energía eléctrica, es necesario monitorear y mantener constantemente las extensas líneas existentes, se debe tener en cuenta la relevancia del estudio del conductor de la electricidad porque, además del papel fundamental desempeñado, representa aproximadamente el 40% de los costos invertidos en la construcción de la red.

Los cables conductores están sujetos a dos tipos principales de cargas mecánicas: carga estática debida a la fuerza de tracción que generalmente corresponde al 20% de la carga de rotura del cable y las cargas dinámicas causadas por la vibración impuesta por la acción de los vientos en las líneas de transmisión aérea. La vibración causada por la excitación del viento impone tensiones de flexión cíclicas que dañan progresivamente los hilos constitutivos mediante la nucleación y la propagación de fisuras hasta la rotura; este mecanismo de falla se conoce como fatiga. (GOMES, 2015)

Las fallas debidas a la fatiga de un cable conductor debido a la vibración del viento se producen de una manera típicamente frágil, es decir, sin deformación del material cerca del área de la fractura. Pueden alcanzar varios hilos en la capa externa e interna del conductor. Las zonas de fallas se ubican comúnmente en: las grapas de suspensión, y grapas de los espaciadores amortiguadores. Otro efecto dañino de la vibración del conductor es el aflojamiento de las grapas de conexión proyectadas o instaladas incorrectamente. Esto da lugar a la rotura de los cables por el martilleo de la grapa. Si no se toman medidas oportunas, este proceso conducirá a una falla completa del conductor. (Cigré, 1995)

Según Gomes (2015) es de fundamental importancia comprender los tipos de vibraciones causadas por el viento en los conductores, para evitar que excedan los niveles máximos pautados por las normas, a los efectos de reducir la probabilidad de fallas por fatiga.

Para evitar el gran impacto causado por la falla de fatiga en los cables, las compañías de líneas de transmisión utilizan técnicas de monitoreo que buscan aumentar la confiabilidad del sistema. Una técnica ampliamente utilizada es el uso de medidores registradores de los ciclos de vibración del cable, en particular la amplitud de vibración y la frecuencia de excitación del viento. (Gomes, 2015)

Las mediciones hechas por los registradores fueron estandarizadas por el Comité IEEE (1966), que estableció que la amplitud del desplazamiento debería ser la cantidad monitoreada. La amplitud de desplazamiento se definió como el desplazamiento vertical pico a pico del conductor medido a 89 mm desde su último punto de contacto con la abrazadera de soporte. Los modernos registradores de vibración de viento son dispositivos basados en microprocesadores, alimentados por batería y autónomos.

Actualmente la mayoría de las provisiones de este tipo de equipamiento son realizadas por una sola Empresa de reconocida trayectoria mundial.

El proveedor del registrador no comercializa soportes específicos para el equipo, lo que obliga al comprador a diseñar su propio soporte de acuerdo con sus necesidades. Para diseñar es necesario tener en cuenta que el instalador trabajará en altura y comúnmente con la línea energizada a muy alto voltaje, y que el equipo debe instalarse y ajustarse en estas condiciones.

Tal como lo señala Gomes (2015), el empleo y montaje de los registradores de vibraciones, requiere un minucioso control de los diversos parámetros involucrados, que pueden constituirse en una fuente de error afectando significativamente los resultados de las mediciones. Entre dichos aspectos se tienen fuentes aleatorias causadas por la exposición de los vibradores al medio ambiente, variaciones en la temperatura, la exposición al sol, la lluvia y las interferencias electromagnéticas generadas por la corriente eléctrica transportada en los cables;

Errores sistemáticos causados por la calibración incorrecta del equipo o la pérdida de la calibración después de largos períodos de uso; Posicionamiento incorrecto del sensor; Pérdida de contacto del sensor, los cambios en el ángulo de inclinación del cable o la configuración incorrecta del sensor reducen el rango restringido de mediciones y pueden provocar la pérdida de contacto con el cable; Los vibradores con alta masa agregan inercia al sistema al modificar el movimiento natural del conductor y, en consecuencia, dan como resultado un registro incorrecto de la

información; El dispositivo para fijar los vibradores en la abrazadera también puede causar errores en las mediciones, si no es ligero y rígido; Los movimientos de los operadores para la activación manual o la desactivación de los dispositivos durante el montaje en campo pueden llevar a la grabación de entradas de datos incorrectas.

En función de lo expuesto precedentemente, el diseño del soporte del medidor y su sistema de ajuste deben ser aptos para el propósito.

2. DESARROLLO

El equipo utilizado para realizar mediciones en las redes eléctricas es el registrador de vibraciones VIBREC500 de la marca PFISTER, se emplea para medir las vibraciones de los conductores de la línea de transmisión, la velocidad del viento perpendicular a la línea, así como la temperatura ambiente. (PFISTERER, 2016)

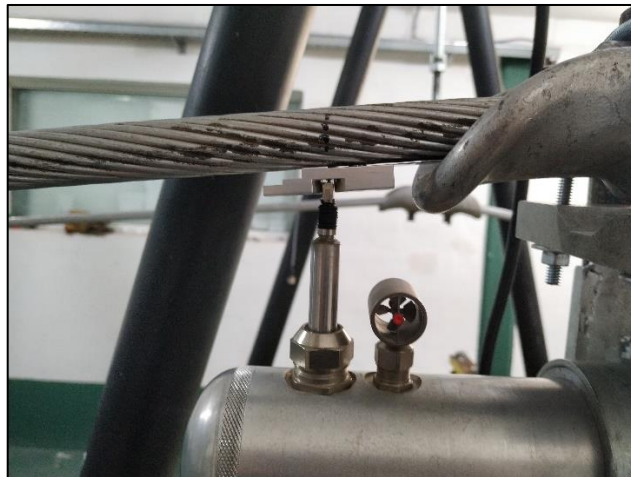
Según el fabricante PFISTERER (2016), el equipo puede trabajar en un rango de temperatura de -40°C a 80°C , tiene un diámetro de 73 mm y una longitud de 263 mm, pesa 0,7 kg, incluida la batería de litio. Su autonomía es de hasta un año dependiendo de la temperatura ambiente, el período de muestreo y los intervalos de lectura. Los registradores registran información de muestras grabadas en un intervalo de tiempo, fuera de este rango el equipo está inactivo. La duración estándar de la medición es de 10 segundos, pero puede variar de 1 a 10 segundos de diferencia. Cuenta con un reloj de tiempo real integrado que permite preestablecer las fechas de inicio y finalización de las mediciones.

Los modernos registradores de vibración de viento están conectados mediante una interfaz USB integrada que permite la conexión directa a la computadora. También pueden conectarse de forma inalámbrica dado que poseen un transmisor inalámbrico integrado. Para conectar el VIBREC500 en forma inalámbrica, el dispositivo tiene un adaptador W-link, con un alcance máximo de conectividad de señal wireless de 200 metros. El software específico LIFE500, suministrado con el registrador, permite configurar los parámetros del mismo, así como visualizar e imprimir los datos medidos. Además, permite presentaciones gráficas adicionales y estimación de la vida del conductor. (PFISTERER, 2016)

El registrador VIBREC500 generalmente se instala en los soportes de suspensión de un conductor de línea de transmisión, con el palpador de

desplazamiento colocado a una distancia de 89 mm (3.5 pulgadas) del último punto de contacto entre el conductor y la grapa de suspensión, como se muestra en la Figura 1. Los soportes deben permitir el ajuste vertical y horizontal de la posición del transductor de desplazamiento. (CIGRÉ, 1995)

Figura 1: Distância de 89 mm

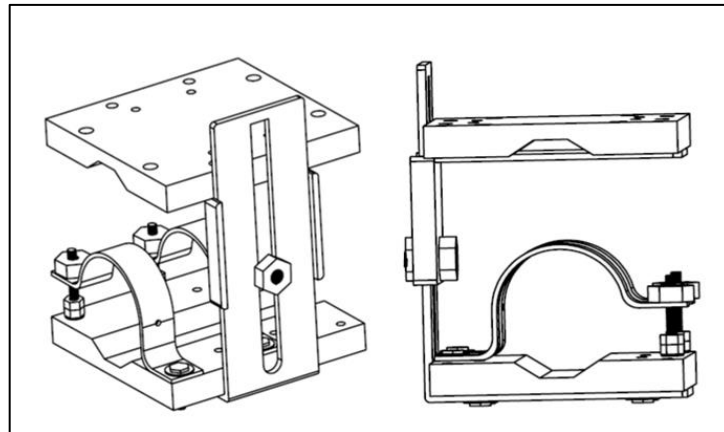


Fuente: Archivo propio

Para la instalación del equipo en la línea es necesario disponer de un soporte adecuado que permita ubicar el palpador en el rango de medición. Para el equipo VIBREC 500 los diseños se realizaron con la asistencia del software Solid Works, pensando en la forma más práctica de instalarlo en la línea, teniendo en cuenta la altura (hasta 30 metros de distancia del suelo) y del riesgo de conductores a muy alta tensión.

Uno de los diseños originales de soporte para el tipo de grapa mostrada en la Figura 1, consiste en dos placas de aluminio y un sistema de ajuste lateral único a través de un tornillo, como se muestra en el esquema de la Figura 2.

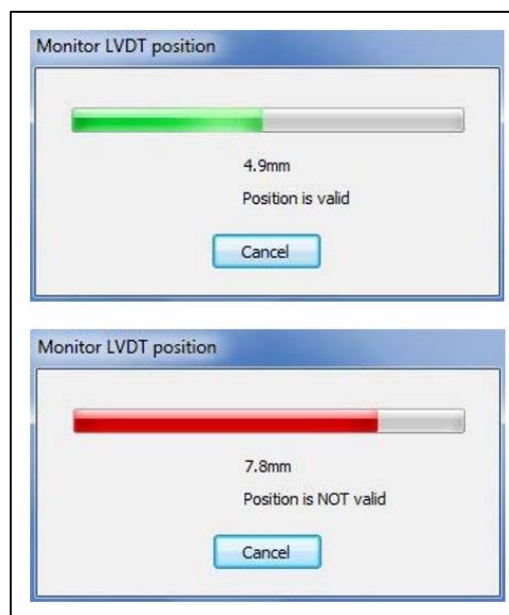
Figura 2: Esquema del soporte original



Fuente: Archivo propio

La experiencia adquirida en las mediciones de campo, permitieron apreciar grandes dificultades en el posicionamiento del palpador. Esto se debe a que el diseño del soporte no permite un ajuste fino de la posición de este, dentro del rango admisible. En tal sentido se requiere que el sensor de vibración se coloque en un rango entre 4 y 6 mm en relación con el cable de transmisión. El software LIFE500 que controla el dispositivo, tiene una función llamada posición MONITOR LVDT que le permite detectar dicha posición y ubicarlo correctamente (PFISTERER, 2010). En la siguiente figura se puede observar las indicaciones de la interfaz gráfica sobre el particular.

Figura 3: Monitor LVDT LIFE 500



Fuente: PFISTERER, 2010

Para corroborar las dificultades de instalación en el campo, se instaló el sistema en el banco de ensayos de conductores que se dispone en el Departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (ver Figura 4). Las pruebas realizadas permitieron obtener información de utilidad para el rediseño. En el mismo se centró la atención en posibilitar el ajuste vertical de la posición del palpador, con una llave de boca estándar.

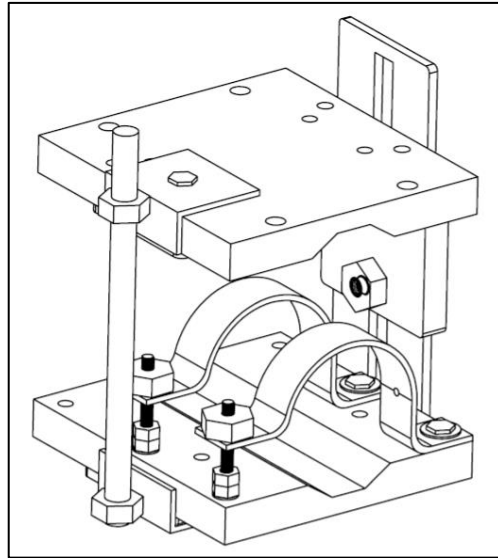
Figura 4: Soporte montado en laboratorio



Fuente: Archivo Propio

Como se planteó el ensamblaje del equipo requiere un ajuste fino. Esto se logró adicionando un sistema de varilla roscada y tuercas. La optimización del diseño se realizó con la asistencia de software específico SolidWorks. En la Figura 5 se muestran detalles del nuevo diseño.

Figura 5: Esquema de Re-Diseño del Soporte



Fuente: Archivo propio

Se presenta a continuación del sistema de ajuste vertical

Figura 6: Componentes del Sistema de Ajuste Vertical



Fuente: Archivo propio

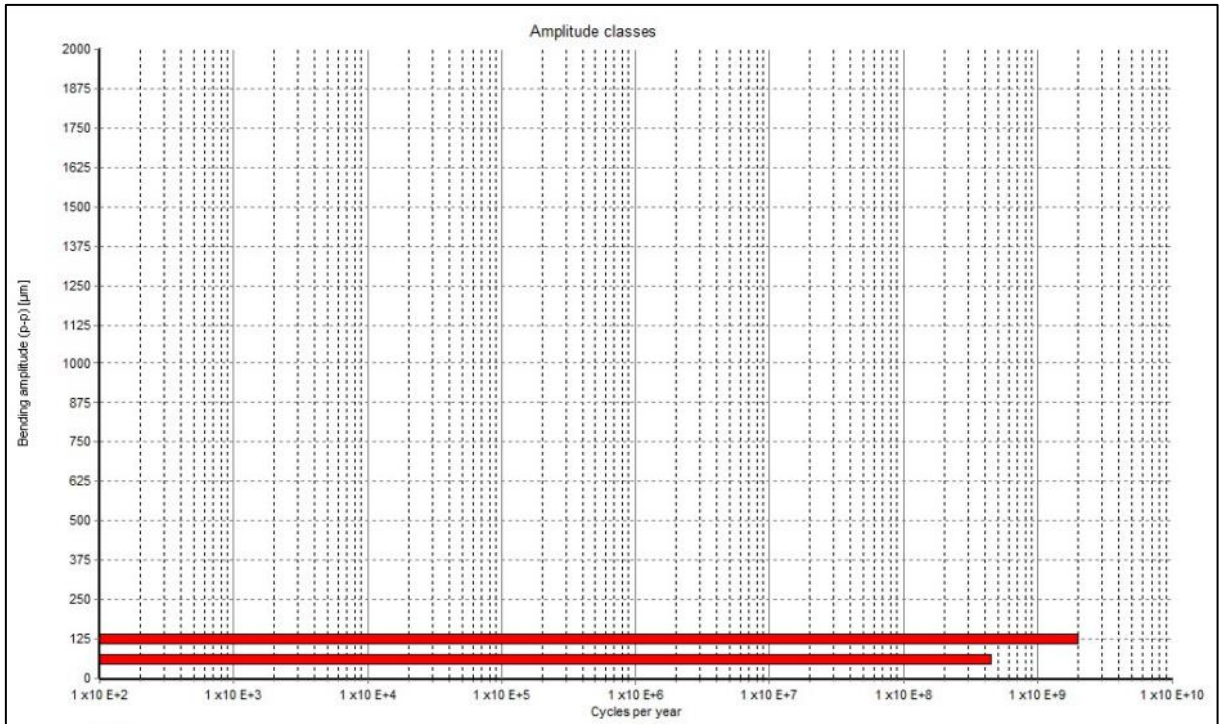
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas en el laboratorio con el nuevo soporte permitieron verificar mayores facilidades para instalar el equipo de medición, y su calibración inicial. Además, se verificó que el mismo, brinda mayor seguridad en la instalación minimizando los riesgos de caída del equipo.

En particular el ajuste del sensor de vibración se hizo más práctico, ya que a cada giro de las tuercas de barra se genera un ajuste vertical promedio de 0.8 mm.

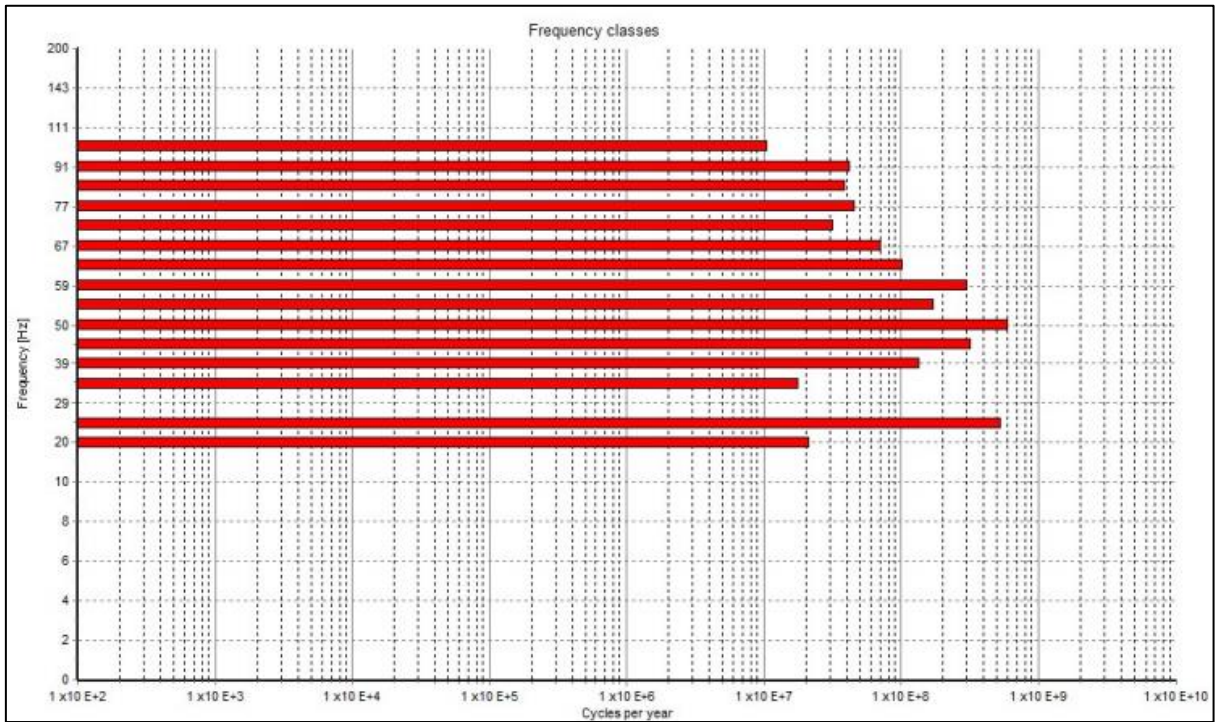
Para validar el sistema de medición de vibraciones, se realizaron en el banco de ensayo de conductores con un vano de 30 m y con un excitador electromecánico controlado electrónicamente, pruebas sobre un conductor tipo ACSR, midiendo amplitudes en la zona de la grapa con el medidor registrador VIBREC y el nuevo soporte desarrollado. Los resultados obtenidos se pueden visualizar en las Figuras de 7 hasta 11 donde presentan gráficos con las clases de amplitud versus ciclos, clases de frecuencia versus ciclos, la velocidad del viento, la extrapolación de un año de ciclos de amplitudes acumuladas y la mezcla de amplitud máxima registrada en cada clase de frecuencia, respectivamente. Cabe señalar que la funcionalidad del anemómetro se verificó generando un flujo de aire artificial y que los datos son meramente con el propósito de prueba.

Figura 7: Clases de amplitud (um) versus ciclos



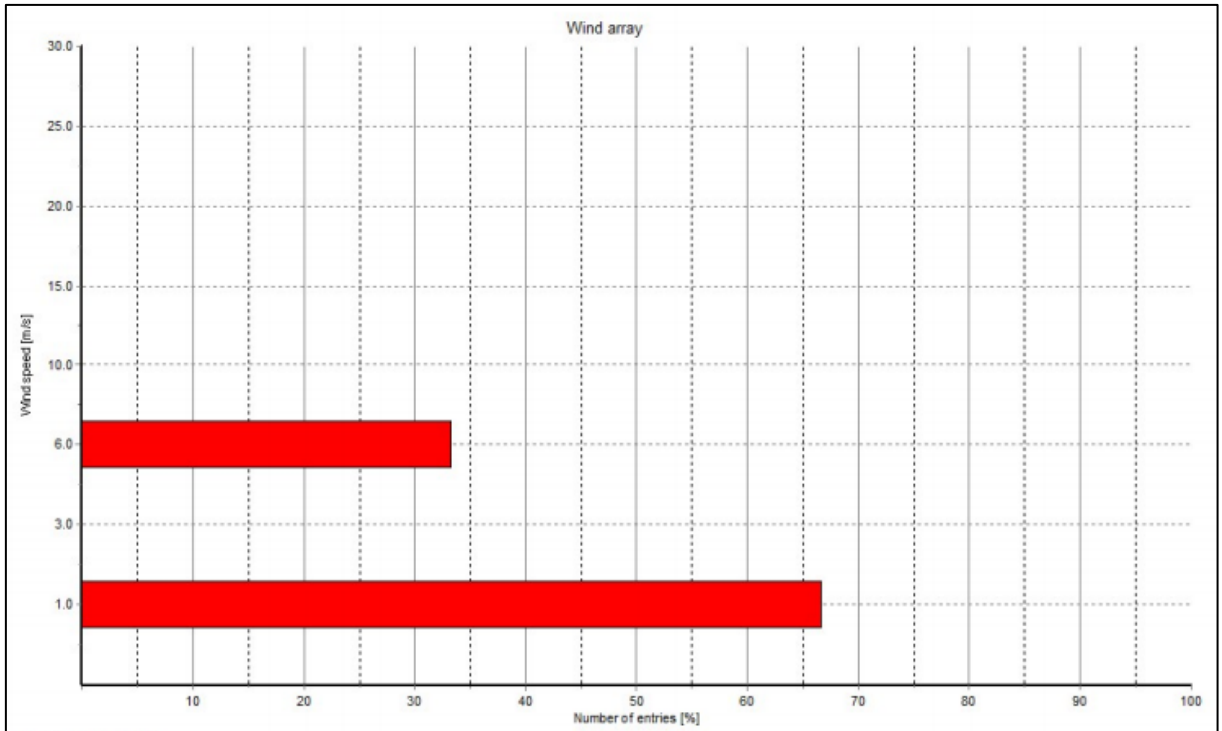
Fuente: Software LIVE500

Figura 8: Clases de frecuencia (Hz) versus ciclos



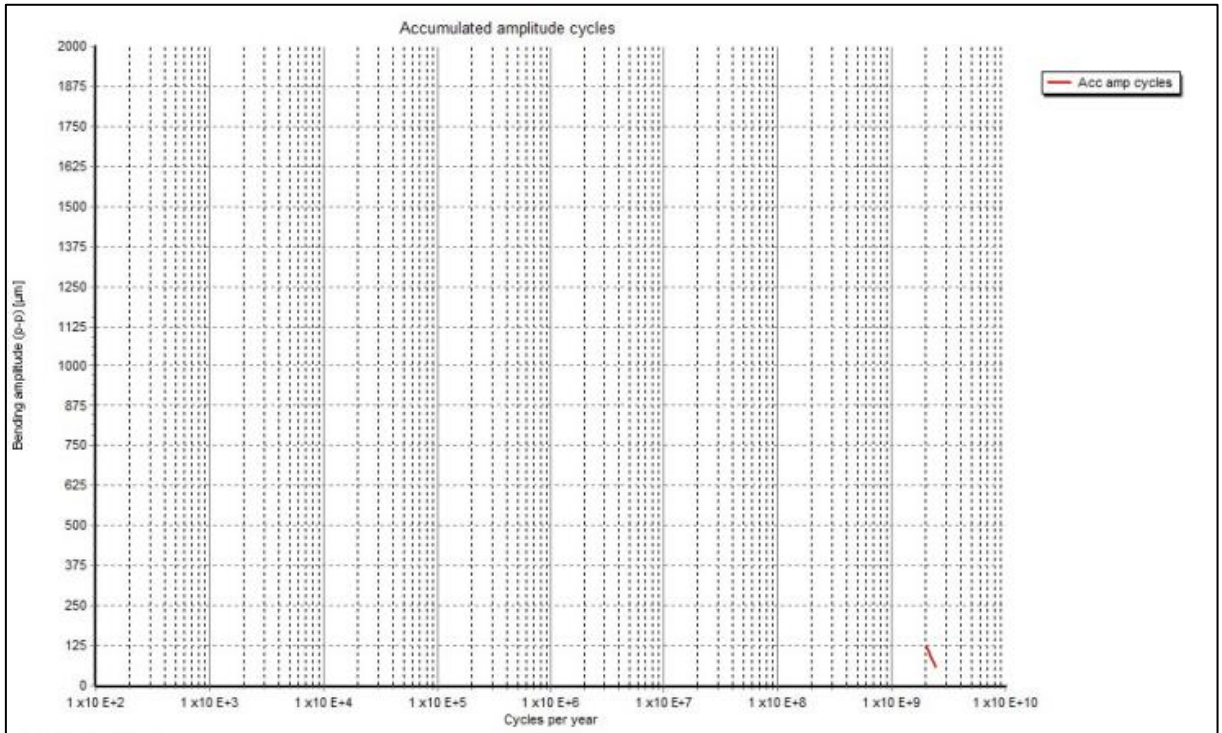
Fuente: Software LIVE500

Figura 9: Velocidad del viento



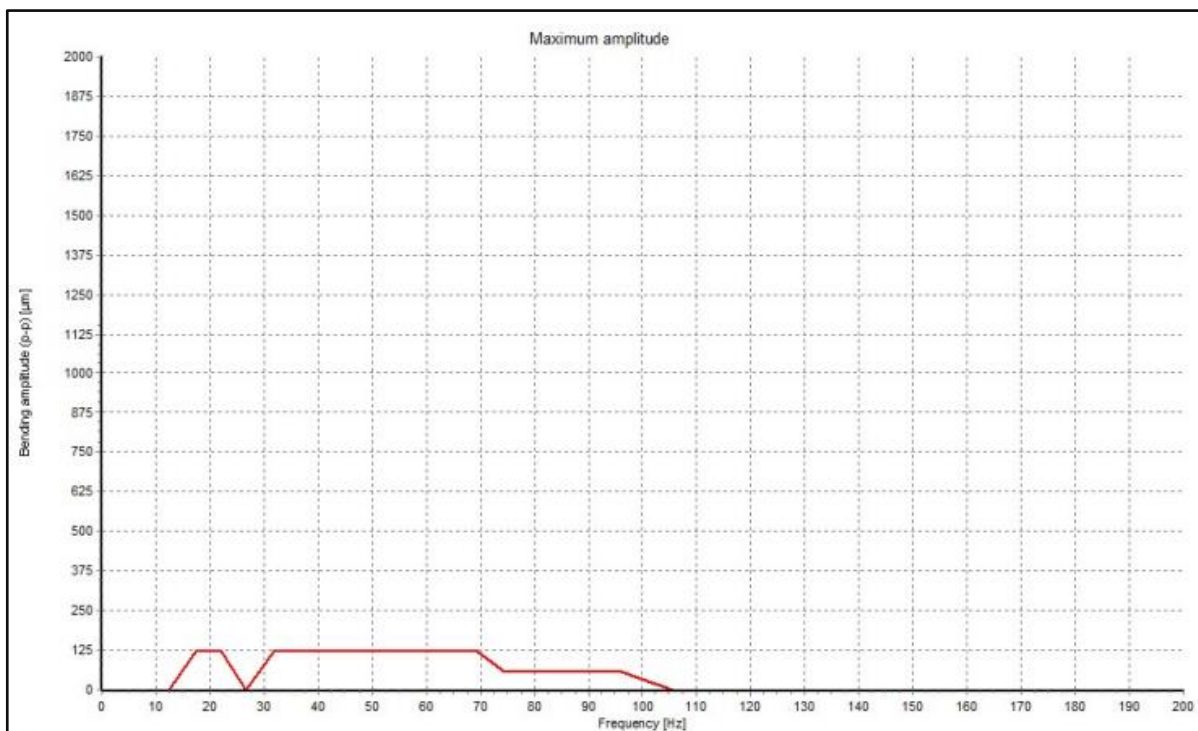
Fuente: Software LIVE500

Figura 10: Extrapolación de un año de ciclos de amplitudes acumuladas



Fuente: LIVE500

Figura 11: Mezcla de amplitud máxima registrada en cada clase de frecuencia



Fuente: LIVE500

4. CONCLUSIÓN

Conforme a las pruebas realizadas en el laboratorio, con la instalación del medidor registrador VIBREC 500 y su nuevo soporte desarrollado a partir de la reforma de un sistema existente, se concluye que este es más sencillo y práctico de instalar, considerando las condiciones adversas y críticas para el montaje en una línea de transmisión. También las pruebas realizadas permitieron visualizar que el nuevo sistema operó correctamente, asegurando la confiabilidad de las mediciones, a partir de una adecuada calibración inicial.

Experiencias de mediciones de campo tanto de personal de la Universidad, como de operadoras de líneas de transmisión eléctricas, y de empresas consultoras y de servicios, demuestran un número significativo de períodos mensuales de medición de vibraciones eólicas sin registros o de resultados consistentes, asociados con calibraciones iniciales inadecuadas. Corresponde señalar que asociado al tiempo perdido en las mediciones muchas veces en épocas propicias para determinados fenómenos eólicos, está el significativo costo de dichas mediciones dado por el valor

del equipo de medición y su amortización y la instalación a cargo de operadores especializados.

REFERENCIAS

CIGRÉ. Guide to Vibration Measurements on Overhead Lines. WG 22.11 ELECTRA no. 163; Dec. 1995.

FRONTIN, S. O. et al. Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas Aplicadas a Linhas de Transmissão. 1. ed. Brasília: Goya, 2010.

GOMES, Filipe Bastos. Análise comparativa de aparelhos para medição de vibração em cabos condutores de energia e cálculo da vida remanescente em cabos. 2015. xiv, 118 f., il.
Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica)-Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PFISTERER SEAFAG AG. Vibrec500 Software: User Manual V 1.0. Switzerland: 2010.

PFISTERER SEAFAG AG. Vibrec500 WT: User Manual V 1.0. Switzerland: 2016.

CAPÍTULO 04

ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES RESIDUAIS EM JUNTA “T” COM SOLDAS DE FILETE

Salvatore Verde

Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão
E-mail: eng.salvatore@hotmail.com

Alberto Borges Vieira Jr

Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica
E-mail: abvieira@ufba.br

Alex Alves Bandeira

Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica
E-mail: alexbandeira@ufba.br

Manoel Carreira Neto

SENAI – CIMATEC Salvador
E-mail: mamaneto@ig.com.br

Resumo: Neste artigo, apresenta-se uma análise numérica e experimental, de tensões e deformações residuais de uma junta em “T” soldada de filete, com processo MIG/MAG manual. Desenvolveu-se uma análise numérica termomecânica com o ANSYS 16, usando elementos sólidos na região mais próxima dos filetes, e de casca nas outras. Para realizar a análise térmica, implementou-se o modelo do elipsoide duplo de Goldak, para simular a fonte de calor, enquanto para análise estrutural, usou-se o método do volume de contração. Visando validar o modelo, compararam-se os resultados numéricos com medições experimentais e valores numéricos de temperatura e deformações, retirados da literatura realizadas sobre o mesmo tipo de junta em “T”.

Palavras-chave: Tensões residuais; Métodos dos elementos finitos; Junta “T”; Filete.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é um processo industrial intensivamente usado na indústria. A junta a “T” de filete representa 80% de todos os tipos de união (1). Em relação à integridade estrutural, a previsão de tensões residuais é fundamental para se evitar falhas mecânicas nos componentes fabricados. As tensões residuais de tração podem influenciar negativamente o comportamento mecânico do componente soldado, principalmente a resistência à fadiga, a corrosão sob tensão e a fratura frágil. Entretanto as tensões de compressão podem afeitar a resistência à flambagem. No que diz respeito à produção, o fator mais importante no planejamento e automatização de operações de soldagem é a previsão das distorções residuais, induzidas pelo processo de soldagem, porque influencia diretamente a sequência de execução das juntas. Uma das técnicas fundamentais da modelagem numérica de tensões residuais é a da análise desacoplada (2). Esta técnica considera a influência das deformações sobre o campo de temperatura desprezível. Portanto o histórico de temperatura durante a soldagem é calculado e sucessivamente aplicado como esforços de origem térmica na análise mecânica. A simulação da fonte de calor é feita com o modelo do elipsoide duplo de Goldak, considerado como a melhor forma de simular o aporte térmico (3). As perdas por radiação e convecção são modeladas com coeficientes constantes (2) ou dependentes da temperatura (4). A condutividade térmica é incrementada artificialmente para temperatura superior à de amolecimento do material para considerar os efeitos convectivos da condução de calor na poça de fusão, e em caso de aço de baixo teor de carbono não se considera a influência das transformações de fase (2) (4). O material obedece ao critério de Von Mises com encruamento isotrópico quando se realiza a soldagem com único passe, e com encruamento cinemático quando é multipasse (2). O material de adição também pode ser modelado com suas próprias características físico-químicas (5). Em relação à modelagem numérica, a técnica “Birth and Death” é frequentemente usada para simular a deposição do metal de solda (6). O elemento de contato tem sido usado para modelar a interface da mesa com a alma, mas fornece resultados numéricos de tensões subestimados com relação ao modelo 3D, na seção central da peça (7). Em relação ao refino de malha em proximidade do cordão de solda, foram usados elementos de contato do programa ANSYS®, para unir malhas com densidade de nós

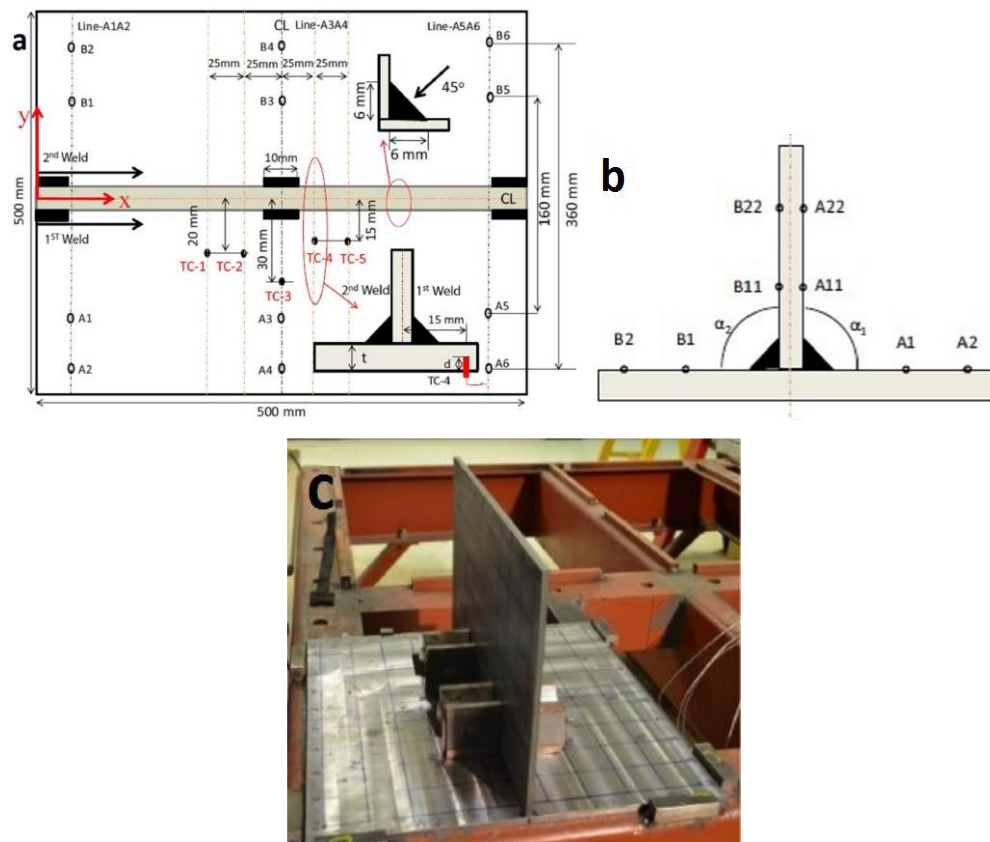
diferentes, sem passagem gradativa de uma para outra, reduzindo o custo computacional (8). A região dos filetes pode ser realizada com elementos 3D e as regiões laterais com elementos de cascas. O ganho de tempo computacional que pode ser obtido é de cerca 42% (9). O tempo computacional que se gasta para este tipo de análise é muito grande e ainda não é viável para indústria. No entanto, o método da Contração de Volume, onde uma distorção de contração é aplicada na zona onde se obteve fusão, de magnitude $\Theta = -\alpha\Delta T$, em que, α é o coeficiente de expansão térmica e ΔT é a diferença entre a temperatura final e inicial do processo de soldagem, pode fornecer valores de distorções bastantes confiáveis, gastando um tempo computacional compatível com as exigências do mercado (10). Finalmente pode-se afirmar que a simulação numérica terá um papel muito importante, tanto na fase de projetos de estruturas, quanto nas fases de fabricação e inspeção de qualidade, por propiciar a avaliação de parâmetros, como por exemplo as tensões residuais, cujo valor é de difícil, se não impossível, avaliação, no interior de peças soldadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Análise experimental

Os dados relativos a análise experimental, foram retirados de (11), no qual foi confeccionado o corpo de prova mostrado na Figura 1a, de aço baixo carbono DH36, com alma de altura igual a 300 mm e espessura 9 mm.

Figura 1: A) Dimensão do corpo de prova com posicionamento das termopares TC-N, B) Posição dos pontos de medição ao longo da linha A1 A2, C) Corpo de prova.



Fonte: Os autores

Usou-se o processo de soldagem manual MIG com parâmetros de soldagem mostrados na Tabela 1. A temperatura foi registrada nos termopares tipo K, TC-1,2,3,4,5, fixadas sobre a superfície superior, de acordo com a Figura 1b. Usou-se o Coordinate Measuring Machine (CMM) para medir os deslocamentos da superfície superior nos pontos indicados na Figura 1b. Os deslocamentos foram obtidos por diferença entre as coordenadas, antes e depois a soldagem. No trabalho mencionado, os eixos Y e Z representam os deslocamentos verticais e horizontais respectivamente. Entretanto neste artigo, os eixos Z e X representam os deslocamentos verticais e horizontais respectivamente. A distorção angular foi calculada como diferença entre o ângulo α , antes e depois da soldagem.

Tabela 1: Parâmetros de soldagem

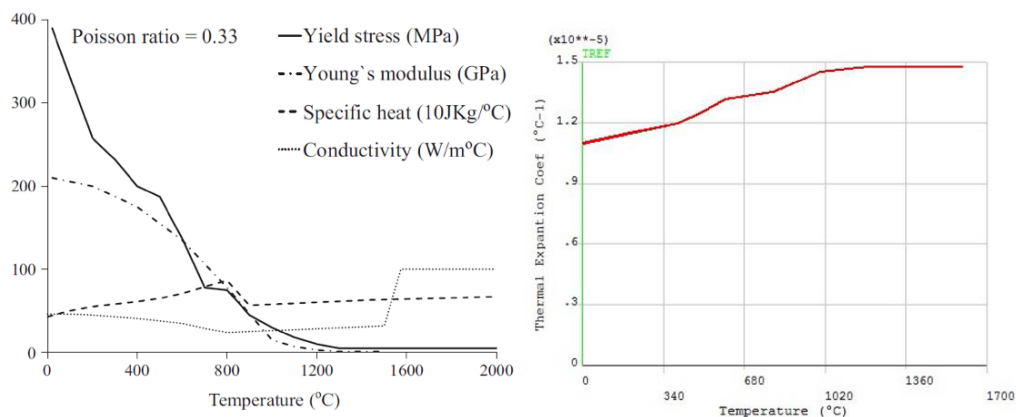
Filete	Corrente (A)	Voltagem (V)	Velocidade de soldagem (mm/min)	Comprimento da perna (mm)
1°	120.0	28.2	215	4.0
2°	124.7	28.1	300	4.0

Fonte: Os autores

2.2 Análise Numérica

Neste artigo usou-se um modelo numérico com elementos sólidos e cascas, desenvolvido no ANSYS 16, entretanto no trabalho de referência foi usado um modelo com elementos sólidos desenvolvido em ABAQUS. A maioria das propriedades físicas do aço DH36 foram retiradas de (11), entretanto o coeficiente de expansão térmica foi retirado de (12). Não foram consideradas mudanças na microestrutura.

Figura 2: Propriedades físicas



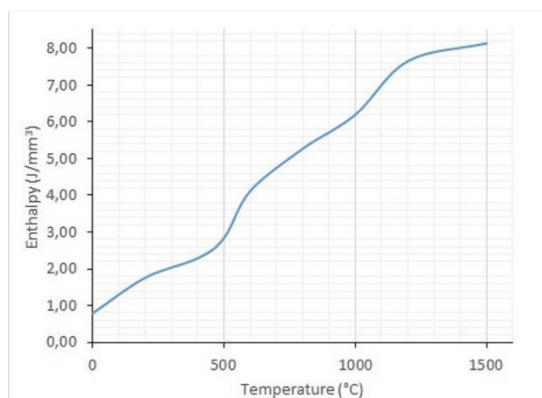
Fonte: Os autores

Diferentemente do ABAQUS, o ANSYS permite apenas a declaração da entalpia que assim foi calculada por meio da equação (1).

$$\Delta H = \int \rho(T)C(T)dT \quad (1)$$

Integrando a (1) com uma técnica numérica obteve-se o gráfico da entalpia em função da temperatura mostrado na Figura 3.

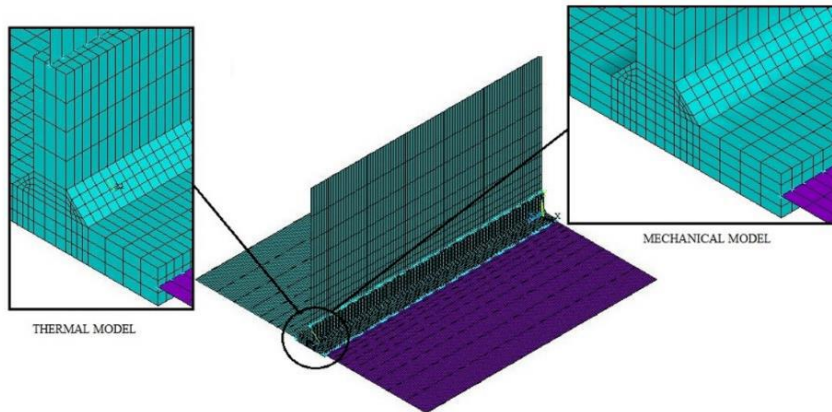
Figura 3: Entalpia em função da temperatura



Fonte: Os autores

Para o modelo térmico usou-se, nas vizinhas dos filetes, o SOLID70, que é um elemento sólido com oito nós, e nas restantes áreas, o SHELL131, que é um elemento de casca com quatro nós, ambos tendo a temperatura como grau de liberdade. Os elementos de contatos, TARGE170, CONTA174, foram usados na interface sólido-casca, usando a propriedade Multi Point Constraint (MPC) disponibilizada no ANSYS, que rende a união do sólido-casca fixa. A dimensão ótima, onde colocar os elementos sólidos foi sugerida por (9), onde a altura da alma tem 33.7 mm, e a largura da mesa 60 mm. A interface da mesa com a alma foi modelada de forma semelhante à da interface sólido-casca, mas com contato não fixo. Convecção e radiação foram simuladas usando o elemento SURF152 que pode ser aplicado tanto sobre elementos sólidos, quanto de casca. A malha resultou em 34160 elementos como mostrado na Figura 4. O tamanho menor do elemento foi 1.5x1.5x2.27mm. Para o modelo mecânico usou-se, nas vizinhas dos filetes, o SOLID186, que é um elemento sólido com vinte nós, e nas restantes partes, o SHELL181, elemento de casca com quatro nós, ambos com três graus de liberdade, ou seja, os deslocamentos ao longo de X, Y, Z. A malha resultou em 39293 elementos. O tamanho menor do elemento foi 1.5x1.5x2.5mm. Para simular a deposição do filete usou-se a técnica “Birth e Death”.

Figura 4: Malha do modelo



Fonte: Os autores

As perdas de calor foram modeladas totalmente de acordo com (11), usando para convecção a lei de Newton, com coeficiente $h=20 \text{ W/m}^2\text{K}$, e para a radiação, a lei de Stefan-Boltzman, com emissividade $=0,85$. A transferência de calor na poça de fusão causada pelo fluxo líquido foi simulada dobrando artificialmente a condutividade térmica, quando se supera a temperatura de fusão. O aporte térmico foi simulado de acordo com o modelo de Goldak, que para cada ponto de coordenadas x, y, z é fornecido pelas equações (2) e (3).

$$q_f(x, y, z, t) = \frac{6\sqrt{3}Q}{abc_f\pi\sqrt{\pi}} f_f e^{-\frac{3x^2}{a^2}} e^{-\frac{3y^2}{b^2}} e^{-\frac{3[z+v(T-t)]^2}{c_f^2}} \quad (2)$$

$$q_t(x, y, z, t) = \frac{6\sqrt{3}Q}{abc_t\pi\sqrt{\pi}} f_t e^{-\frac{3x^2}{a^2}} e^{-\frac{3y^2}{b^2}} e^{-\frac{3[z+v(T-t)]^2}{c_t^2}} \quad (3)$$

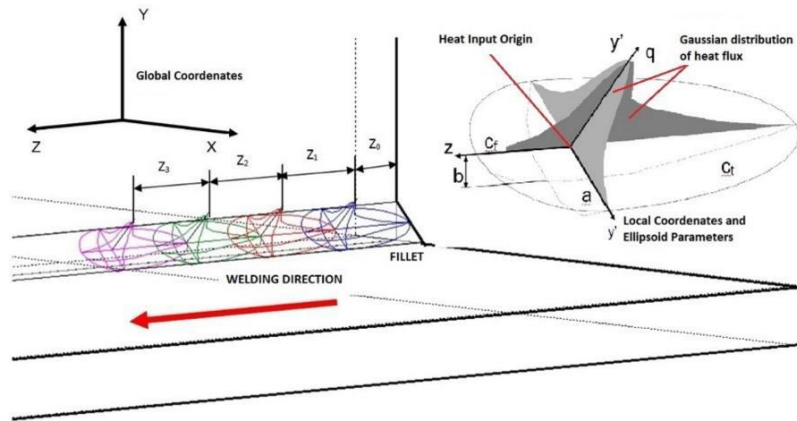
Onde q_f é o fluxo térmico frontal do elipsoide (Wm^{-2}), q_t é o fluxo térmico na parte traseira do elipsoide (Wm^{-2}), f_f e f_t são os coeficientes para a parte frontal e traseira respectivamente, a, b, c_f, c_t , são os coeficientes geométricos do elipsoide de acordo com a Figura 5, e os respectivos valores foram retirados de (11), e mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensões geométricas do elipsoide

Filete	a (mm)	b (mm)	ct (mm)	cf (mm)
1°	4.35	4.35	4.35	13.05
2°	4.35	4.35	4.35	13.05

Fonte: Os autores

Figura 5: Simulação do aporte térmico



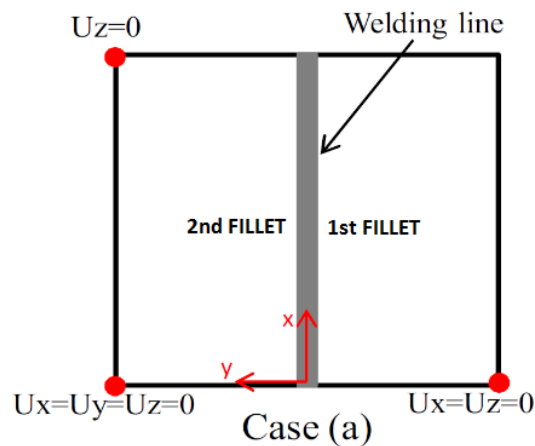
Fonte: Os autores

O aporte de calor foi modelado segundo a equação (4)

$$Q=IU\eta \quad (4)$$

Onde η é a eficiência do arco, I a corrente (A) e U a tensão (V). Simulando a tocha, o elipsoide se desloca na direção de soldagem de forma discreta, como mostrado na Figura 5. Os vínculos aplicados no modelo numérico, são mostrados na Figura 6, de acordo com o caso A de (11).

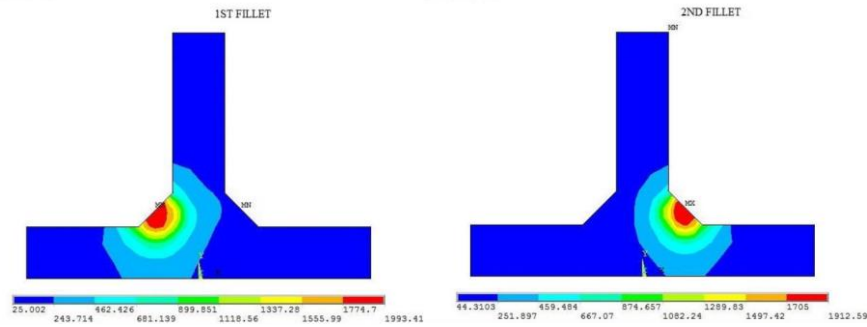
Figura 6: Vínculos aplicados



Fonte: Os autores

Uma vez determinado o campo de temperatura, foi possível determinar a zona de fusão para cada filete, conforme Figura 7.

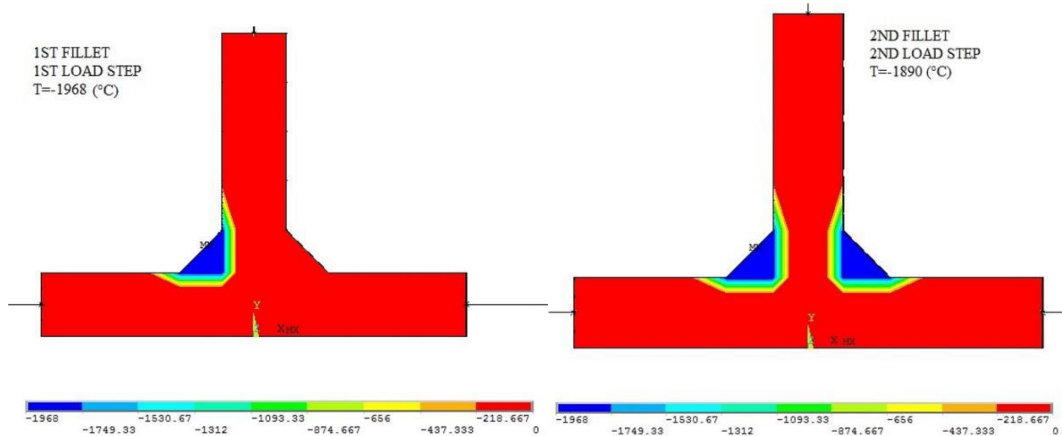
Figura 7: Campo de temperatura mostrando a zona de fusão



Fonte: Os autores

Sucessivamente, aplicou-se a contração $\Theta = -\alpha\Delta T$. Primeiro nos nós pertencentes ao primeiro filete, $\Delta T = (1993-25)^\circ\text{C}$, e sucessivamente para o segundo, $\Delta T = (1915-25)^\circ\text{C}$, de acordo com a Figura 8.

Figura 8: Campo de temperatura mostrando a aplicação da carga térmica



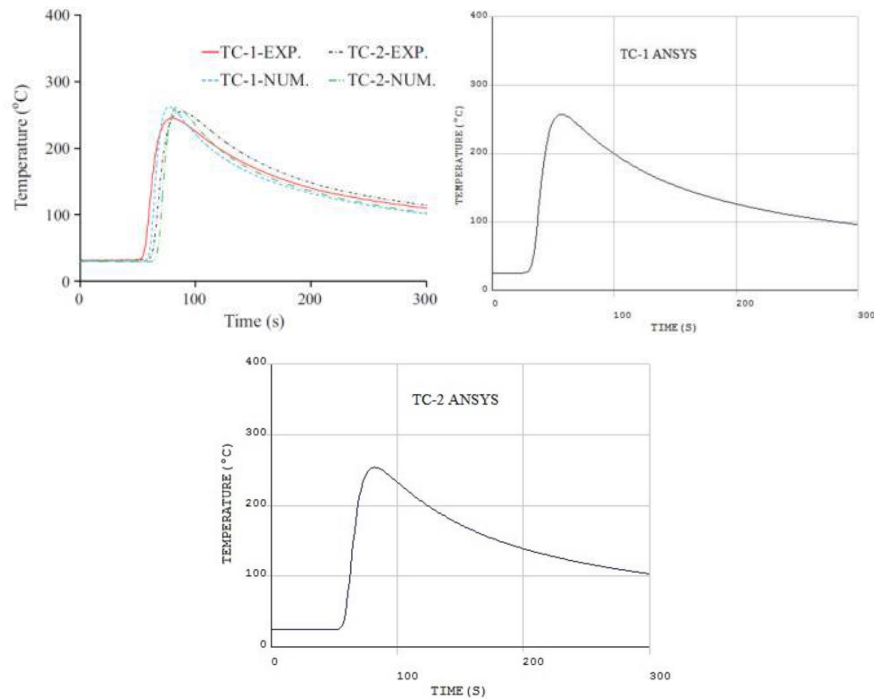
Fonte: Os autores

O material foi modelado, com uma curva σ - ϵ , elástico perfeitamente plástico. A técnica “Birth and Death” foi usada para modelar a deposição do primeiro filete, no primeiro passo de carga, e o segundo filete no segundo passo. Finalmente os deslocamentos e as distorções foram comparados com os valores numéricos e experimentais obtidos por (11), enquanto as tensões residuais foram comparadas com os valores numéricos obtidos com ABAQUS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação a análise térmica, os resultados obtidos com ANSYS resultaram coerentes com os valores numéricos e experimentais alcançados por (11), conforme mostrado na Figura 9, para os termopares TC-1 e TC-2.

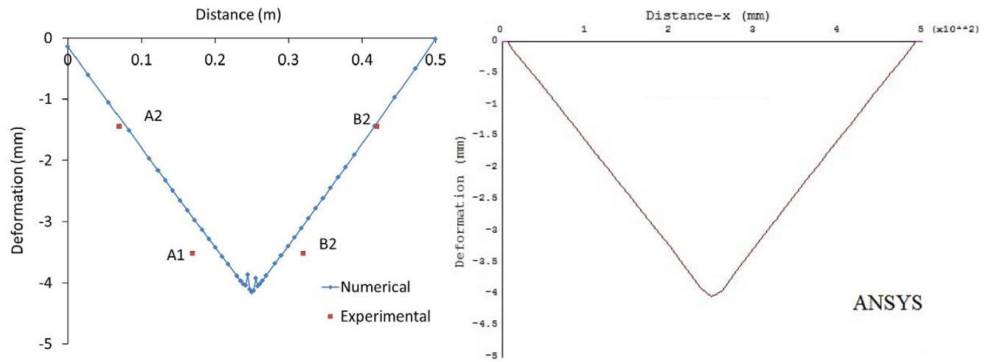
Figura 9: Comparação entre os valores de temperatura experimentais e numéricos obtidos por (11) e os valores numéricos obtidos com ANSYS



Fonte: Os autores

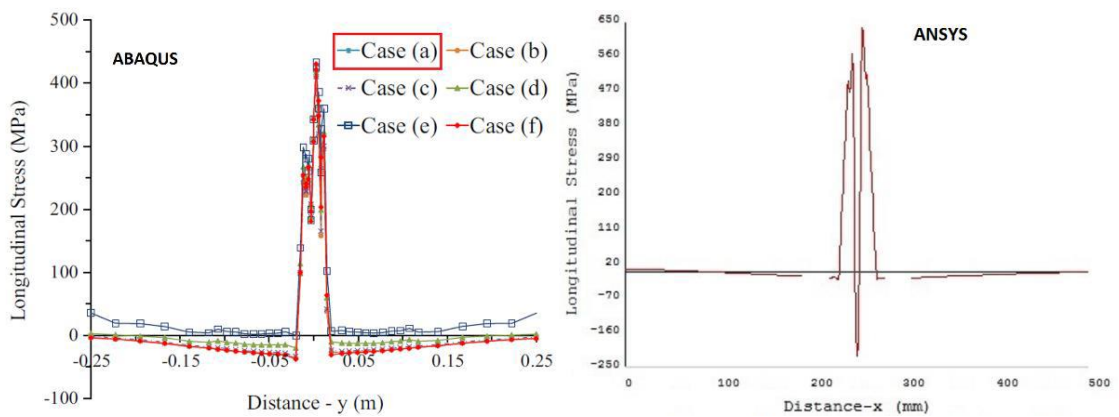
Com relação á análise mecânica, os valores numéricos dos deslocamentos obtidos com ANSYS, resultaram perfeitamente coerentes com os valores experimentais e numéricos obtidos por (11), como mostra a Figura 10. Entretanto, as tensões residuais longitudinais resultaram apenas qualitativamente coerentes com os valores numéricos obtidos com ABAQUS, enquanto para as tensões transversais, não se conseguiu alcançar nenhum tipo de coerência. As comparações são mostradas na Figura 11 e 12.

Figura 10: Comparação dos deslocamentos verticais obtidos na seção mediana



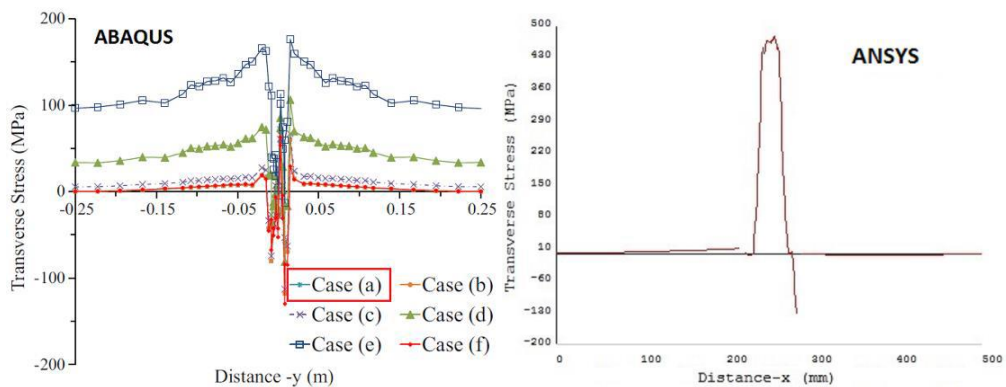
Fonte: Os autores

Figura 11: Comparação das tensões longitudinais na superfície superior



Fonte: Os autores

Figura 12: Comparação das tensões transversais



Fonte: Os autores

4. CONCLUSÕES

Desenvolveu-se uma análise termomecânica de uma junta “T” de filete, usando um modelo em ANSYS, híbrido, formado por elementos sólidos e de casca e interface solido-casca modelada com elementos de contato. A análise mecânica foi realizada

implementado apenas dois passos de carga. Os valores numéricos obtidos com ANSYS foram comparados com valores experimentais e numéricos retirados da literatura, possibilitando as seguintes conclusões:

- Os valores de temperaturas e deslocamentos foram bastante coerentes.
- Os valores das tensões longitudinais residuais obtidas com o método do volume de contração (MVC), resultaram qualitativamente coerentes com os valores numéricos obtidos por meio da análise desacoplada. Isto é consequência do fato que o MVC não leva em conta o histórico de temperatura e conseqüentemente das tensões. Todavia, empregando apenas dois passos de carga, resulta muito mais rápido, podendo oferecer uma valiosa contribuição no estudo de projeto preliminar de estruturas e equipamentos soldados.
- Os valores de tensões residuais transversais não tiveram êxito, salienta-se, todavia, que geralmente elas são de magnitude menor.
- Os elementos de contato ofereceram resultados satisfatórios, e podem ser usados para a análise de estruturas de dimensões maiores, possibilitando uma redução de elementos e nós, agilizando desta forma a realização das análises numéricas.

REFERÊNCIAS

1. **MACHADO, Ivan Guerra.** Dimensionamento de Juntas Soldadas de Filete: Uma Revisão Crítica. 2011, Vol. 16, 2, pp. 189-201.
2. **BEZERRA, A.** *Simulação numérica da soldagem com aplicação à caracterização do comportamento dinâmico de estruturas soldadas.* Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia : s.n., 2006. Tese (Doutorado).
3. **MICHALERIS, P. et al.** *Prediction of Welding Distortion.* Chicago, USA : s.n., 1996.
4. **DENG, D. et al.** Determination of welding deformation in fillet-welded joint by means of numerical simulation and comparison with experimental measurements. *Journal of Materials Processing Technology.* 183, 2007, pp. 219–225.
5. **WU, A. et al.** *Finite Element Prediction of Residual Stresses in a Fillet Welded T-Joint.* School of Engineering Science, University of Southampton, UK. Pine Mountain : s.n., 2002.
6. **TENG, T. et al.** Analysis of residual stresses and distortion in T-joint fillet weld. *International Journal of Pressure Vessels and Piping.* 2001, 28, pp. 523-538.
7. **BARSOUM, Z. et al.** Simplified FE welding simulation of fillet welds – 3D effects on the formation residual stresses. *Engineering Failure Analysis.* 16, 2009, pp. 2281–2289.
8. **FROSI, P.** *Simulazione mediante modelli FEM di saldature TIG e LASER in lega INCONEL 625.* Facoltà de Ingegneria, Univetsità degli Studi di Roma "TOR VERGATA". ROMA : s.n., 2009. Dottorato di ricerca in progettazione dei sistemi meccanici.
9. **PERIC, M. et al.** Numerical analysis and experimental investigation of welding residual stresses and distortions in a T-joint fillet weld. *Material and Design.* 2014, Vol. 53, pp. 1052-1063.
10. **BACHORSKI, A.** Finite-element prediction of distortion during gas metal arc welding using the shrinkage volume approach. *Journal of Materials Processing Technology.* 1999, Vols. 92-93, pp. 405-409.
11. **GUANGMING FU, MARCELO I. LOURENCO, MENGLAN DUAN, SEGEN F. ESTEFEN.** Effect of boundary conditions on residual stress and distortion in T-joint welds. [ed.] Elsevier. *Journal of Constructional Steel Research.* 2014, Vol. 102, pp. 121-135.
12. **ZEGARRA TORRES, V.D.** *Aplicação do método de elementos finitos na correção de distorções devido à soldagem de placas pelo método de aquecimento localizado.* COPPE UFRJ. Rio de Janeiro : s.n., 2013. Dissertação de mestrado.

CAPÍTULO 05

MAROQ: UM MODELO DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS ORIENTADO A QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA

André Luiz Tinassi D'Amato

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

E-mail: andredamato@utfpr.edu.br

Resumo: A quantidade de recursos fornecidos pelas nuvens computacionais na Internet gerou desafios complexos para resolver problemas relacionados à alocação desses recursos. A qualidade de experiência surge como um paradigma diferenciado como um fator potencialmente importante na solução desses desafios. A qualidade de experiência leva em consideração parâmetros de contexto. Sendo assim, é proposto neste trabalho o modelo de alocação de recursos MAROQ, que é um modelo orientado à qualidade de experiência, que utiliza informações de contexto para alocação de recursos em nuvens e grids computacionais. Resultados experimentais mostram que utilizar informações de contexto melhora o desempenho na submissão de tarefas.

Palavras-chave: Sistemas Distribuídos; QoE; Qualidade de experiência; Alocação de Recursos; Satisfação do usuário.

Abstract: The growing trend of cloud computing in networks has generated challenges to allocate resources. The quality of experience arises as an important paradigm to solving many challenges. The quality experience takes into account a series of context parameters. Therefore, it is proposed in this paper the resources allocation model MAROQ, which is a quality of experience driven-model that uses context information to resource allocation in clouds, and computational grids. Experimental results show that using context information improves the performance of the task submission.

Keywords: Distributed systems; QoE of experience; Resource allocation; User satisfaction.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente quantidade de nuvens computacionais disponibilizadas na Internet, a utilização de *big data* torna-se um desafio complexo. Esse desafio está relacionado com a maneira a qual os recursos serão acessados nas nuvens. A modelagem desse tipo de problema muitas vezes está próxima do uso da teoria do caos (Alkhatib e Krunz, 2000) para algumas soluções. Este cenário dificulta a utilização correta dos recursos pelos usuários. A qualidade de um serviço é percebida pelos usuários por fatores cognitivos. Esta percepção subjetiva de qualidade é conhecida como qualidade de experiência (ou em inglês *quality of experience*) (QoE) (Shaikh et al., 2010). Sendo assim, a maneira com que os recursos são acessados é uma questão determinante para uma boa qualidade de experiência sobre os serviços disponibilizados pelas nuvens computacionais.

Portanto, a qualidade de experiência surge como um paradigma diferenciado e particularmente importante para a alocação de recursos, uma vez que uma boa qualidade de alocação de recursos deve levar em consideração uma série de parâmetros de contexto (Nazário e Dantas, 2012) (como por exemplo, tipo de processador, sistema operacional, quantidade de memória). Essas informações de contexto podem ser fornecidas pelo usuário, pois o mesmo conhece o contexto apropriado para execução de sua aplicação. Sendo assim, este trabalho apresenta o MAROQ (Modelo de Alocação de Recursos

Orientado a Qualidade de experiência). O modelo proposto visa a alocação de recursos orientada a QoE, considerando o contexto de aplicação. O modelo proposto tem como foco a execução de aplicações em nuvens computacionais formadas por clusters e grids.

O restante do texto é organizado da seguinte maneira: a Seção 2 aborda os principais modelos de QoE propostos nos últimos anos; as Seções 3, e 4 abordam os conceitos básicos para o modelo MAROQ proposto na Seção 5; a seção 6 aborda resultados prévios, e por fim na Seção 7 são apresentadas as considerações finais, e são sugeridas algumas diretrizes para trabalhos futuros.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Como mencionado anteriormente na seção introdutória, os escalonadores estáticos alocam uma fatia fixa de tempo para um determinado job. Diversos modelos como os propostos em (Chase et al., 2003; Sotomayor et al., 2008) utilizam escalonadores estáticos baseados em reserva de recursos. Chase propõe em seu trabalho uma arquitetura flexível para gerenciamento de grids. A arquitetura de Chase é considerada flexível por permitir que novos nós sejam configurados dinamicamente de acordo com a disponibilidade dos recursos fornecidos por uma grid. No modelo proposto por Chase os recursos são atendidos conforme a demanda. Para garantir que os recursos sejam liberados dinamicamente são realizados monitoramentos nas cargas de trabalho impostas aos conjuntos de nós agrupados logicamente em clusters virtuais (Vclusters) (Chase et al., 2003).

O trabalho de (Micillo et al., 2009) propõe uma implementação de mecanismos para otimização na alocação de recursos também no contexto de grids computacionais. A arquitetura proposta por (Micillo et al., 2009) possui um gerenciador centralizado, ao qual, é responsável por gerenciar os recursos intergrid. Embora a arquitetura proposta por Micillo suporte migração de jobs, esta funcionalidade depende de compilação utilizando bibliotecas específicas. Hermenier (Hermenier et al., 2010) avança um pouco mais e propõe alocação dinâmica de recursos utilizando uma abstração baseada em transição de estados (executando, esperando, suspenso) para os jobs. Assim como Chase e Soto-mayor, Hermenier também utiliza máquinas virtuais para compor seu modelo. Neste trabalho foi definida uma abstração de jobs, sendo cada job entendido como a composição de diversas máquinas virtuais. Estes jobs são chamados de jobs virtuais. Os jobs virtuais possuem 4 estados de execução sendo eles: executando, dormindo, esperando, e terminado. Embora apresentem estratégias para implementação de políticas de alocação de recursos, os trabalhos mencionados anteriormente não proveem mecanismos de contexto para tomada de decisões no momento de alocar recursos. Visando justiça para alocação de recursos, (Ghodsí et al., 2011) propôs em seu trabalho o modelo DFS (Dominant Re-source Fairness, ou Recursos Dominantes e Justiça) de escalonamento de tarefas para ambientes MapReduce. O foco do trabalho de Ghodsí é favorecer o compartilhamento de recursos considerando quais são os recursos dominantes requisitados por uma aplicação. Nesse contexto, recursos dominantes são os recursos que uma determinada aplicação mais depende para executar, por exemplo, aplicações

orientadas a processamento demandam mais de CPUs, e memória são prioridade para aplicações orientadas a funções de entrada e saída. No entanto, os recursos não são ajustados com foco nas aplicações, e sim com foco no compartilhamento com o objetivo de obter a máxima utilização dos recursos. Joseph (Joseph et al., 2012) e Zhou (Zhou et al., 2013) apresentam uma formalização matemática para relacionar alocação de recursos e justiça com qualidade de experiência. O cenário proposto por Zhou remete a redes sem fio multimídia cegas, ou seja, redes sem fio ao qual as estações bases não tem conhecimento sobre a modelagem de qualidade de experiência para o conjunto de aplicações que utilizam o sistema. No entanto, ao contrário de Joseph, Zhou não estabelece em sua formalização a relação entre a degradação da qualidade de experiência e a variabilidade da alocação dos recursos com o tempo. Segundo Zhou, a qualidade de experiência varia de acordo com a quantidade de usuários utilizando o sistema e o fator, que define o grau de justiça para cada usuário quando o mesmo deseja alocar um determinado recurso.

3. QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA E CONTEXTO

Existem diferenças de percepção de desempenho sobre um determinado serviço de internet considerando o ponto de vista do usuário e o ponto de vista técnico abordado pelos provedores de serviço (Shaikh et al., 2010). Isto acontece pelo fato dos provedores utilizarem métricas referentes à qualidade de serviço, ou em inglês Quality of Service (QoS), sendo estas métricas estabelecidas a partir de dados técnicos como por exemplo rendimento da rede, vazão, perda de pacotes, atraso etc. Estes parâmetros são geralmente medidos por meio de computadores inseridos na rede que monitoram o desempenho da mesma. No entanto, os usuários percebem o desempenho da rede seguindo métricas mais subjetivas e não técnicas. Esta percepção subjetiva é conhecida como qualidade de experiência, ou em inglês Quality of Experience (QoE) (Shaikh et al., 2010).

Para avaliar a percepção do usuário sobre um determinado serviço disponibilizado pela rede, são utilizados questionários aplicados em ambientes controlados. Este tipo de teste é conhecido pela comunidade como pontuação média de opinião, ou em inglês Mean Opinion Score (MOS). Esta técnica é geralmente aplicada para avaliar sistemas multimídias. No entanto, devido ao grande número e a

diversidade de aplicações, testes de opinião não são mais a melhor alternativa. Além disso, os testes de opinião são muito criticados por autores de várias áreas (De Moor et al., 2010). Estas críticas estão relacionadas à escala de pontuação adotada nos testes, sendo estas consideradas por alguns autores como por exemplo (Koning et al., 2007) como escalas imprecisas e não representativas considerando diferenças culturais de interpretação. Segundo (Sullivan et al., 2008), esta escala determina valores absolutos obtidos em ambientes controlados, ao qual não representam com precisão ambientes reais pelo fato de não considerar a influência de variáveis de contexto.

Contexto é um conjunto de informações que descrevem a situação de uma determinada entidade, que por sua vez pode ser definido como qualquer componente relevante para interação entre uma aplicação e seus respectivos usuários (Dey, 2000). Um sistema é sensível ao contexto (ou em inglês context-aware), se este utiliza informações de contexto para prover informações, ou serviços relevantes para o usuário, sendo que a relevância depende diretamente da tarefa exercida pelo usuário dentro do sistema (Dey, 2000). Em outras palavras, as informações de contexto são utilizadas para prover informações, e serviços ajustados às necessidades do usuário. Desta maneira é possível aumentar a satisfação do usuário na utilização do sistema, melhorando conseqüentemente a qualidade de experiência. Uma boa modelagem de contexto permite também diminuir a complexidade de aplicações computacionais sensíveis ao contexto (context-aware applications (Schilit et al., 1994). O trabalho de Bettini (Bettini et al., 2010) é direcionado a computação pervasiva e aborda diversas modelagens de contexto.

4. ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM NUVENS

Em ambientes distribuídos os recursos computacionais são determinados por uma cadeia de recursos aleatórios (network queue theory). Segundo (Stolyar, 2005) os recursos em uma rede computacional necessitam de uma modelagem randômica para utilização dos recursos. Ou seja, os mecanismos de controle de recursos formam uma cadeia de Markov, ao qual as transições de estados não dependem do estado anterior. Isto se deve ao fato da utilização de recursos pelos usuários acontecer de maneira aleatória dentro de uma rede computacional. O escalonamento de recursos

é realizado por meio de escalonadores que podem utilizar diferentes políticas de escalonamento. As estratégias mais comuns definidas para os escalonadores de recursos são as seguintes: O FCFS (First Come First Served), onde as primeiras tarefas que chegam são as primeiras servidas; Backfilling ao qual tenta resolver problemas de fragmentação; Preempção, que melhora os resultados do backfilling utilizando informações da aplicação. O método FCFS resulta na fragmentação de recursos, ou seja, diversos recursos se tornam obsoletos no momento da execução das tarefas. O método backfilling não gerencia os recursos quando as aplicações mudam seus requisitos dinamicamente. Os mecanismos preemptivos garantem a execução das tarefas de acordo com suas características (por exemplo: prioridade, requisitos, tempo de execução). Para (Joseph et al., 2012), a qualidade de experiência é definida como uma métrica diretamente associada à qualidade de alocação, a variabilidade e a justiça no momento da alocação de recursos. Portanto é possível melhorar a qualidade de experiência de um usuário ajustando estes parâmetros definidos para alocação de recursos.

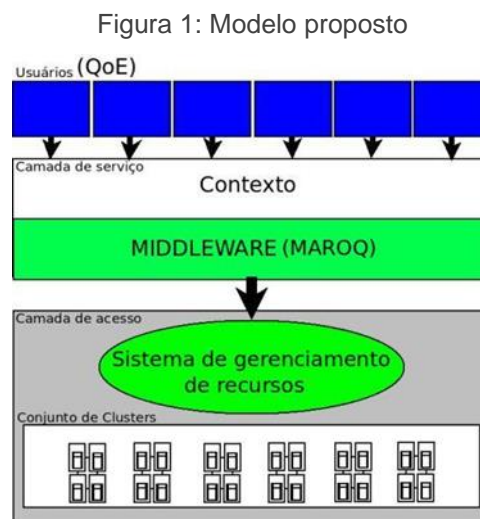
5. O MODELO MAROQ

O modelo proposto tem como objetivo otimizar a utilização de recursos em nuvens computacionais, visando a satisfação do usuário quanto a utilização dos recursos fornecidos pelo ambiente. O modelo MAROQ visa obter a melhor qualidade de experiência resultante a partir do gerenciamento dos parâmetros: significância, variabilidade e justiça na alocação de recursos. O plano formado pelos parâmetros citados determinam a qualidade de experiência (Joseph et al., 2012). Neste sentido, é proposto que o modelo MAROQ seja orientado a contexto para realizar a melhor alocação de recursos possível ajustando assim o parâmetro de significância para que os recursos não precisem ser realocados durante a execução de uma aplicação. Além disso, o contexto permite a otimização do espaço de busca por recursos, melhorando assim o desempenho para realizar a alocação dos mesmos.

Como mencionado anteriormente, a QoE em um sistema computacional segundo (Joseph et al., 2012) é a composição dos parâmetros de alocação ajustada, variabilidade e justiça. Seguindo esta definição é proposto no modelo MAROQ a utilização de contexto para lidar com a alocação ajustada e com a variabilidade na

alocação de recursos. Em outras palavras, a utilização de contexto permite alocar recursos de maneira que os mesmos não precisem ser realocados posteriormente. A justiça na alocação de recursos é realizada a partir de preempção de tarefas. O mecanismo de preempção garante que uma tarefa de menor prioridade, libere os seus recursos no momento em que uma tarefa de maior prioridade chega.

O middleware (Scheidt et al., 2012) implementado no modelo é composto por um mecanismo que aloca recursos de acordo com a prioridade de cada tarefa, lidando assim com o parâmetro justiça (*fairness*). A Figura 1 ilustra o modelo MAROQ. O plano de controle resultante visa atuar como gerenciador de clusters em nuvens computacionais, focando sempre em obter a melhor QoE possível.



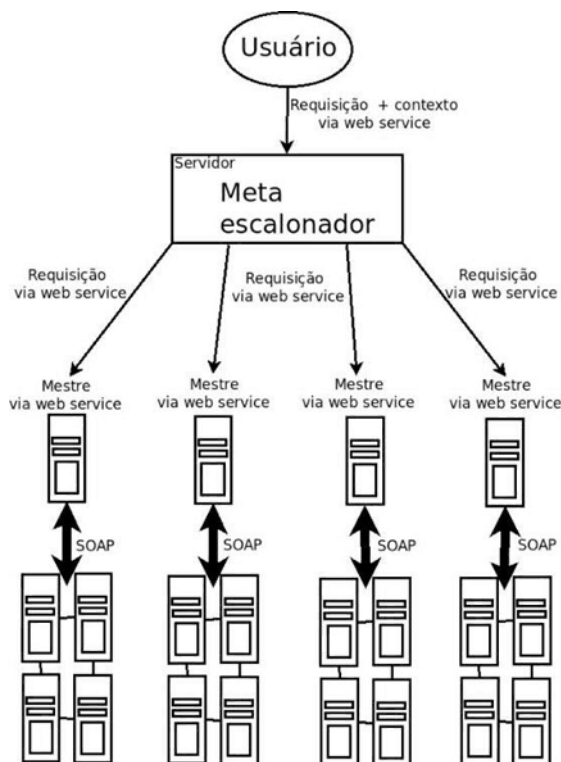
Fonte: O autor

Na Figura 1 a parte superior ilustra os usuários dos recursos disponíveis pelos **clusters**, sendo estes responsáveis pela requisição dos recursos inserindo informações de contexto. As informações de contexto são referentes ao tipo de processador, sistema operacional e quantidade de memória necessária. A partir destas informações o MAROQ imediatamente realiza a síntese de um arquivo de submissão, que é utilizado como entrada para o sistema de gerenciamento de recursos. O modelo utiliza o balanceador de carga baseado no próprio gerenciador de recursos.

Uma outra informação de contexto importante considerada no modelo é inerente a quantidade de comunicação entre os processos, pois esta informação revela a necessidade de desempenho dos componentes de interconexão intra e *inter-*

cluster. Ou seja, quanto maior a quantidade de comunicação entre os processos da aplicação, maior deverá ser a velocidade do componente(s) de interconexão do(s) *cluster(s)* alocado(s). Pois a latência de comunicação é menor entre processos dentro de um mesmo *cluster*, do que em processos alocados em *clusters* geograficamente distribuídos. Por outro lado, se uma aplicação é composta por processos que não se comunicam esta pode ser alocada em *clusters* distintos. A Figura 2 mostra a arquitetura do sistema MAROQ. A parte superior da figura representa o usuário, que realiza a requisição de execução de uma aplicação passando o contexto desejado para esta execução. Uma vez determinado o contexto e realizada a requisição esta é enviada via *web service* (Kalin, 2013) utilizando o protocolo SOAP (Ryman, 2001). A requisição realizada pelo usuário é recebida pelo meta escalonador do MAROQ. O meta escalonador realiza assim uma negociação com os líderes de cada *cluster* a fim de identificar o que possui o melhor conjunto de recursos para atender ao contexto especificado. Após o *cluster* que atenda aos requisitos ser identificado, o líder deste *cluster* responsável por executar o controle do gerenciamento de recursos recebe via *web service* os dados para execução da tarefa a ser submetida. Os nós de cada *cluster* são responsáveis apenas por executar as aplicações.

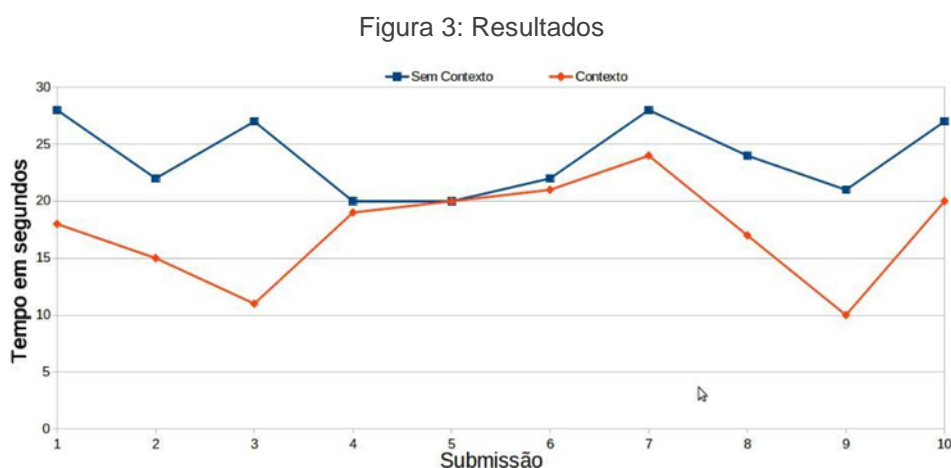
Figura 2: Arquitetura do MAROQ



Fonte: O autor

6. RESULTADOS

O gráfico da Figura 3, mostra que as submissões que utilizam informações de contexto possuem maior desempenho em relação a tempo, quando comparadas as submissões que não utilizam contexto.



Fonte: O autor

O experimento foi realizado em 10 máquinas virtuais com 1 núcleo cada uma utilizando a ferramenta VmWare. O sistema de gerenciamento utilizado neste experimento foi o Condor (Frey et al., 2001). A aplicação submetida é composta por um sleeper, que recebe o tempo que a aplicação ficará dormindo como parâmetro na invocação do programa. Para todas as submissões o parâmetro utilizado foi o mesmo. As informações de contexto consideradas foram as seguintes: número de cpus, quantidade de memória, tamanho de disco rígido e sistema operacional. A aplicação foi escolhida pelo fato da utilização da função sleep permitir isolar os tempos gastos com a aplicação e com a alocação de recurso, sendo que é conhecido o tempo despendido com a função sleep. No caso da aplicação submetida ao experimento o parâmetro utilizado foi 5 segundos. Ou seja, dos tempos mencionados no gráfico da Figura 3 é possível dizer que aproximadamente 5 segundos foram gastos com a função sleep, sendo o tempo restante utilizado para as demais rotinas da aplicação e do sistema de alocação de recursos. Os resultados obtidos com o experimento mostram que inserir informações de contexto diminui o tempo para realizar a submissão de tarefas. Isto ocorre pela diminuição do espaço de busca por recursos.

7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o modelo MAROQ, sendo este um modelo de alocação de recursos para nuvens computacionais orientado a QoE e contexto. Informações de contexto permitem que os recursos sejam ajustados às necessidades da aplicação. Desta maneira é possível melhorar o desempenho do sistema e consequentemente melhorar a QoE do usuário. Os experimentos realizados revelaram que o modelo permite melhorar o desempenho na alocação de recursos. Isso ocorre pelo ajuste e diminuição do espaço de busca de recursos. Como as informações de contexto ajustam os recursos de acordo com a aplicação, acredita-se que o MAROQ possua potencial para melhorar também o desempenho quanto ao tempo de execução. Sendo assim, é pretendido como trabalho futuro realizar experimentos focando no tempo de execução utilizando informações de contexto.

REFERÊNCIAS

Alkhatib, A. and Krunz, M. Application of chaos theory to the modeling of compressed video. In *Communications, 2000. ICC 2000. 2000 IEEE International Conference on*, volume 2, pages 836–840 vol.2. (2000).

Bettini, C., Brdiczka, O., Henricksen, K., Indulska, J., Nicklas, D., Ranganathan, A., and Riboni, D. A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive Mob. Comput.*, 6(2):161–180. (2010).

Chase, J. S., Irwin, D. E., Grit, L. E., Moore, J. D., and Sprenkle, S. E. Dynamic virtual clusters in a grid site manager. In *Proceedings of the 12th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, HPDC '03*, pages 90–, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. (2003).

De Moor, K., Ketyko, I., Joseph, W., Deryckere, T., De Marez, L., Martens, L., and Ver-leye, G. Proposed framework for evaluating quality of experience in a mobile, testbed-oriented living lab setting. *Mobile Networks and Applications*, 15(3):378–391. (2010).

Dey, A. K. Providing Architectural Support for Building Context-aware Applications. PhD thesis, Atlanta, GA, USA. AAI9994400. (2000).

Frey, J., Tannenbaum, T., Livny, M., Foster, I., and Tuecke, S. Condor-g: a computation management agent for multi-institutional grids. In *High Performance Distributed Computing, 2001. Proceedings. 10th IEEE International Symposium on*, pages 55–63. (2001).

Ghods, A., Zaharia, M., Hindman, B., Konwinski, A., Shenker, S., and Stoica, I. . Dominant resource fairness: Fair allocation of multiple resource types. In *NSDI*, volume 11, pages 24–24. (2011)

Hermenier, F., Lebre, A., and Menaud, J.-M. Cluster-wide context switch of virtualized jobs. In *Proceedings of the 19th ACM International Symposium on High Performance Distributed Computing, HPDC '10*, pages 658–666, New York, NY, USA. ACM. (2010).

Joseph, V., de Veciana, G., and Arapostathis, A. Resource allocation: Realizing mean-variability-fairness tradeoffs. In *Allerton Conference*, pages 831–838. IEEE. (2012).

Kalin, M. *Java Web Services: Up and Running*. O'Reilly Media, Inc. (2013).

Koning, T. C. M., Veldhoven, P., Knoche, H., and Kooij, R. E. Of MOS and men: bridging the gap between objective and subjective quality measurements in mobile tv. In *SPIE*. (2007).

- Micillo, R., Venticinque, S., Aversa, R., and Di Martino, B. A grid service for resource-to-agent allocation. In *Internet and Web Applications and Services*, 2009. ICIW '09. Fourth International Conference on, pages 443–448. (2009).
- Nazario, D. C. and Dantas, M. A. R. Taxonomia das publicações sobre qualidade de contexto. In *International Journal of Sustainable Business*, number 20, pages 1–28. (2012).
- Ryman, A. Simple object access protocol SOAP and web services. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering, ICSE '01*, pages 689–, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. (2001).
- Scheidt, R. F., Schmidt, K., Pessoa, G. M., Viera, M. A., and Dantas, M. A. R. A software product line approach to enhance a meta-scheduler middleware. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 341, pages 1–7. (2012).
- Schilit, B., Adams, N., and Want, R. Context-aware computing applications. In *Proceedings of the 1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, WMCSA '94*, pages 85–90, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. (1994).
- Shaikh, J., Fiedler, M., and Collange, D. Quality of experience from user and network perspectives. *annals of telecommunications*, 65(1-2):47–57. (2010).
- Sotomayor, B., Keahey, K., and Foster, I. Combining batch execution and leasing using virtual machines. In *Proceedings of the 17th International Symposium on High Performance Distributed Computing, HPDC '08*, pages 87–96, New York, NY, USA. ACM. (2008).
- Stolyar, A. L. Maximizing queueing network utility subject to stability: Greedy primal-dual algorithm. *Queueing Syst. Theory Appl.*, 50(4):401–457. (2005).
- Sullivan, M., Pratt, J., and Kortum, P. Practical issues in subjective video quality evaluation: Human factors vs. psychophysical image quality evaluation. In *Proceedings of the 1st International Conference on Designing Interactive User Experiences for TV and Video, UXTV '08*, pages 1–4, New York, NY, USA. ACM. (2008).
- Zhou, L., Chen, M., Qian, Y., and Chen, H.-H. Fairness resource allocation in blind wireless multimedia communications. *Multimedia, IEEE Transactions on*, 15(4):946–956. (2013).

CAPÍTULO 06

EQUIVALÊNCIA DE GRUPOS COM VARIÁVEIS LATENTES: UMA APLICAÇÃO DE MODELAGEM DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS NA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO GÊNERO NA SATISFAÇÃO DO CLIENTE EM COMUNICAÇÕES MÓVEIS

Gutembergue Soares da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN – Brasil
E-mail: guttembergue@gmail.com

André Pedro Fernandes Neto

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN – Brasil
E-mail: andrepedro@ufersa.edu.br

Teófilo Camara Mattozo

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, RN – Brasil
E-mail: mattozo@oi.com.br

Alfredo Ferreira Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN - Brasil

Resumo: Modelagem de Equações Estruturais fornece um recurso confiável para testes de diferenças entre grupos de variáveis latentes. O objetivo deste artigo é evidenciar os passos envolvidos em testes de invariância para análise de múltiplos grupos. Com base na análise de estrutura de covariância é realizada uma aplicação com o propósito de pesquisar a equivalência de uma mesma estrutura teórica para verificar a influência do gênero do cliente de comunicações móveis sobre a satisfação através da avaliação do modelo de medida. Foi constatado que os escores não variam, de forma significativa, em função dessas características específicas dos consumidores. Procedimentos de análise fatorial confirmatória e testes de invariância entre múltiplos grupos também são relatados.

Palavras-chave: Modelagem de Equações Estruturais; Comunicações Móveis; Satisfação de Cliente; Invariância Fatorial.

1. INTRODUÇÃO

No setor de telecomunicações as transformações tecnológicas das últimas décadas aliadas a um cenário formado por empresas de alta tecnologia caracterizam o setor de comunicações móveis pessoais ao redor do mundo. Novas concessões, regulamentos e as privatizações dinamizaram o mercado e afetaram sensivelmente a maneira como as pessoas se comunicam. Ao mesmo tempo, no Brasil, a competição entre as operadoras derrubou os preços dos serviços, permitindo a inclusão de um enorme contingente de consumidores das classes C, D e E. Com isto, as empresas deste setor preocupam-se cada vez mais com a competitividade, oferta de serviços, área de atendimento, demanda reprimida e a lealdade do cliente.

Uma questão de crescente importância para a sobrevivência das empresas é a sua capacidade de reter clientes tornando-os leais a suas marcas. O cliente leal constrói a empresa comprando em uma maior quantidade, pagando um custo mais elevado, e fornecendo boas referências por meio da propaganda positiva ao longo do tempo. As empresas de telecomunicações consideram, que após o cliente utilizar as funcionalidades e facilidades de uma determinada operadora, sua relação de longo prazo torna-se de fundamental importância para o sucesso da mesma.

Estudos de comportamento do consumidor pesquisam a satisfação e lealdade de clientes como fatores básicos para relações bem sucedidas e duradouras com as empresas. A complexidade das relações entre variáveis na avaliação da satisfação do cliente em comunicações móveis pode ser adequadamente pesquisada com a utilização de métodos estatísticos multivariados. Testes de significância de grupos em conjuntos de variáveis observadas demandam o uso de análise multivariada de variância ou modelagem de equações estruturais. A análise multivariada de dados é mais apropriada quando os grupos são comparados com construtos que emergem como uma composição linear das variáveis observadas, ou seja, as variáveis observadas representam agentes causais do construto.

A Modelagem de Equações Estruturais (MEE) é apropriada ao estudo de sistemas de variáveis latentes nos quais um construto tem influência causal nas suas variáveis observadas (DIMITROV, 2006). Na comparação de múltiplos grupos o objetivo é avaliar se a estrutura do modelo de medida está funcionando do mesmo modo e se o modelo estrutural é equivalente para diferentes grupos ou populações.

Uma aplicação usual da análise múltiplos grupos é a confirmação da estrutura fatorial de um escala em uma população diversa daquela para a escala a qual foi validada. Assim é verificado se os itens reflexos de cada fator são mantidos na nova população e se os pesos fatoriais não apresentam diferenças significativas nos dois grupos. Entre as características que definem a segmentação de grupos, o gênero é uma das mais relevantes. Para Oyewole (2001), o gênero influencia a satisfação com empresas aéreas. Pesquisas foram realizadas no sentido de buscar explicações para o fato das mulheres se mostrarem menos satisfeitas que os homens com referência a compras no comércio virtual (RODGERS, 2003). Perillo (2010) observou pequenas diferenças associadas com alguns componentes do modelo de satisfação de clientes, indicando que clientes do sexo feminino são diferentes de clientes do sexo masculino, em relação a alguns componentes da satisfação com serviços bancários. Estudos sobre lealdade ensejam conclusões que as mulheres são mais leais as marcas, os homens pretendem impressionar outras pessoas com seus carros mais que as mulheres, a geração das expectativas sobre o produto tem maior impacto na satisfação dos homens, a influência da opinião de terceiros entre as mulheres é maior e o risco associado á compra de veículo é relevante para ambos os sexos (MOUTINHO e GOODE, 1995).

Nas pesquisas que focalizam as comparações de múltiplos grupos é usualmente considerado que o instrumento de medição está funcionando da mesma forma e que o construto subjacente a ser avaliado tem a mesma estrutura teórica para cada grupo de estudo. Entretanto, como evidenciado em revisões de literatura, estes dois fundamentos criticamente importantes raramente são testados estatisticamente (BYRNE, 2004). Este artigo apresenta uma aplicação de pesquisa de equivalência de uma mesma estrutura teórica para verificar a influência do gênero do cliente de comunicações móveis sobre a avaliação da satisfação através da verificação do modelo de medida objetivando ilustrar as fases envolvidas nos testes de invariância de múltiplos grupos. Através do software AMOS V.19 (ARBUCLE, 2008) foi investigado se as respostas dadas pelos clientes homens e mulheres, ao mesmo instrumento de medição, apontam diferenças significativas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E MODELO CONCEITUAL

O desenvolvimento teórico desse trabalho segue as premissas defendidas por MacInnis e Price (1987), onde a imagem corporativa de uma empresa é o resultado de um processo que envolve o compromisso do cliente com a marca (MORGAN e HUNT, 1994), as barreiras que evitam que o cliente troque de fornecedor (VERHOEF, 2003), e a qualidade de serviço percebida Gronroos (1997) e Teboul (1995). Sendo esses autores, defensores tradicionais de uma correlação entre estes parâmetros e a presença da lealdade do cliente a marcas.

2.1 Satisfação

De acordo com a revisão da literatura, uma quantidade substancial de pesquisas e de autores tem estudado o tema satisfação do cliente (OLIVER, 1980, 1996, 1997, WOODRUFF et al., 1985; GRIGOROUDIS e SISKOS, 2010; TSE e WILTON, 1988; FORNELL, 1992).

A satisfação do cliente é vista como uma resposta de preenchimento e realização de necessidades (OLIVER, 1996); um estado psicológico (OLIVER, 1997) ou um juízo de avaliação global (WESTBROOK, 1987). Além disso, a satisfação do cliente é encarada como sendo uma resposta cognitiva (BOLTON e DREW, 1991), uma resposta afetiva (GRIGOROUDIS e SISKOS, 2010; HALSTEAD et al., 1994), bem como um resultado de um processo de desenvolvimento (OLIVER e De SARBO, 1988).

Hunt (1975) começa por considerar a satisfação como uma avaliação do cliente pós-consumo, de um produto ou serviço. Oliver (1980) procura oferecer uma definição em função da pesquisa por ele realizada. Para este pesquisador, satisfação é uma resposta para preencher as necessidades ou desejos do cliente. Isto é, o julgamento de que as características do produto ou serviço, ou cada um por si só, fornecem um nível de satisfação das necessidades de consumo, incluindo níveis de sub ou sobre preenchimento. Assim, (i) a satisfação manifesta-se ao superar as expectativas do cliente; (ii) quando resolve um problema, mesmo quando se utiliza um produto ou serviço não adequado; (iii) quando o produto ou serviço pode ter causado satisfação ou ainda poderá causar, isto quando se trata de um bem de consumo durável; (iv) e

quando leva em consideração o bem que mantém o desempenho de forma adequada, principalmente o produto ou serviço de compra repetida (OLIVER, 1996).

Como bem sintetiza este pesquisador, a satisfação pode ser vista como um dos cinco estados finais: satisfação como contentamento; prazer; alívio; novidade e surpresa. Porém sugere que a desconfirmação das expectativas está presente quando o modo de satisfação é prazer, alívio ou surpresa. Nestas circunstâncias a satisfação ocorre quando o desempenho de um produto ou serviço vai ao encontro das expectativas do cliente. Se isto não acontecer, ocorre uma desconfirmação negativa, dando origem à insatisfação.

Construído com base em definições previamente elaboradas, Oliver (1996) sugere ainda, uma definição formal, que satisfação é a resposta ao atendimento do cliente. Trata-se, pois, da avaliação de uma característica de um produto, ou de um serviço, indicando se atinge um determinado nível de prazer proporcionado pelo seu consumo. Em termos menos técnicos, pode-se traduzir esta definição no sentido da satisfação ser uma avaliação feita pelo cliente, no que diz respeito a um produto ou serviço, contemplando ou não as necessidades e expectativas do mesmo. A falha em ir ao encontro das necessidades e expectativas dos clientes é pressuposta como causadora da insatisfação com o produto ou serviço.

Para Grigoroudis e Siskos (2010), a satisfação é não só o resultado de um julgamento relativo, que considera tanto as qualidades e os benefícios obtidos através da compra, como também o custo e o esforço realizado pelo cliente no seu consumo. Spreng et al. (1996) simplificam a definição de satisfação como sendo uma avaliação efetuada *a posteriori*, em relação a uma determinada transação. No entanto, o termo avaliação pressupõe aqui a existência de um parâmetro.

De fato, para a maioria dos pesquisadores, o grau de satisfação decorre de uma comparação efetuada pelo cliente, comparação esta que confronta o resultado da transação com uma referência anteriormente existente. O resultado desse processo comparativo pode ser positivo, negativo ou neutro, gerando assim satisfação ou insatisfação. Babin e Griffin (1998) e Bagozzi et al. (1999) a definem, sobretudo como uma resposta afetiva a uma situação de compra. Cabe também dizer que Oliver (1996) sugere que a importância deste conceito pode ser definida como sentimento de prazer ou de descontentamento, resultante da comparação do desempenho esperado pelo serviço (ou resultado) em relação às expectativas do cliente. Este autor

ênfatiza que a satisfação   função do desempenho percebido e das expectativas, ou seja, satisfação é o nível de sentimento de uma pessoa, resultante da comparação do desempenho (ou resultado) de um produto em relação às suas expectativas.

Parasuraman et al. (1985) consideram que a satisfação é uma função da qualidade do serviço, da qualidade do produto e do preço. Além disso, pode ser também definida em termos de resultado ou processo. Enquanto resultado, a satisfação do cliente é um estado final ou uma resposta emocional resultante de um ato de compra ou de consumo. Enquanto processo, a satisfação do cliente é um estado de espírito ou avaliação relativa a uma experiência decorrente de uma compra ou de um consumo (GRIGOROUDIS e SISKOS, 2010). Assim, a satisfação é um processo subjetivo, onde os julgamentos são feitos e baseados em comparações de padrões.

Embora a literatura contenha diferentes significados da definição de satisfação, todas elas partilham elementos comuns. Quando examinadas como um todo, três componentes gerais podem ser identificados: (i) a satisfação do cliente é uma reação cognitiva e emocional; (ii) a reação pertence a um foco particular (expectativas do produto, experiência do consumo de produto e ou atributos relacionados com a compra); (iii) a reação ocorre num período particular (depois do consumo, depois da escolha baseada na experiência acumulada e expressa antes e após a escolha, após consumo, após experiência de utilização).

Sintetizadas as contribuições das diversas correntes utilizadas por vários pesquisadores, e dada à complexidade e especificidade do contexto da natureza de satisfação do cliente, parece adequado desenvolver uma definição genérica. No entanto, o conceito de satisfação tem de ser adaptado ao contexto que se pretende estudar. Além disso, é imperativo definir satisfação de acordo com a visão do cliente e da situação de satisfação relevante.

2.2 Lealdade

A concepção de lealdade   tão abrangente quanto as suas aplicações (HAYES, 2008). Setores específicos das empresas criam programas para medir a lealdade por meio da análise da frequência de compra e exclusividade a marca. Para Reichheld (1993), existe um conjunto de variáveis que impactam na lealdade do cliente. As

empresas, líderes em conquistá-la, reconhecem que este fato se dá por meio de uma entrega ao cliente de um produto ou serviço de valor superior, que não é obtida apenas com simples redução de preço e adição de características aos produtos.

Existe diferença entre retenção do cliente e conquista de sua lealdade, salientando que clientes leais permanecem com a empresa, apesar de ofertas mais atrativas (LEJEUNE, 2001). A lealdade está relacionada a um sentimento de afinidade ou ligação com produtos ou serviços de uma empresa e que pode ser notada quando os clientes quando o desejo do consumidor é de permanecer com a empresa mesmo quando a decisão totalmente racional é deixá-la (DAY, 2001).

Na literatura acadêmica existem duas abordagens divergentes aplicadas às pesquisas sobre lealdade, a abordagem estocástica e a determinística (ODIN et al., 2001). A abordagem estocástica pressupõe que a lealdade do cliente é um comportamento (EHRENBERG, 1988). Nesta abordagem, considera-se que a preferência do cliente é refletida no comportamento de compra. Alguns dos parâmetros operacionais desta abordagem podem ser medidos pela sua ação de efetuar uma compra, e pela sua frequência. Por outro lado, a abordagem determinista assume que a lealdade do cliente é uma atitude (FOURNIER e YAO, 1997). E considera que apenas descrever o comportamento real do cliente não é suficiente, mas uma adequada análise e descrição são claramente necessárias para entender as atitudes subjacentes aos clientes. Algumas das medidas operacionais na abordagem determinística são preferências, intenção de compra, priorização de fornecedores e recomendação.

A lealdade ganhou múltiplos focos, incluindo lealdade ao produto, à marca, à loja e ao serviço (CARUANA, 2004). Sendo assim, várias definições de lealdade do cliente foram propostas, enfatizando a dimensão comportamental da lealdade, como, por exemplo, “a proporção de compras que um domicílio faz de um produto de uma marca específica é a sua frequência” (FRANK, 1967:49). Day (1969) foi um dos primeiros a apontar o papel da atitude positiva na decisão de compra e na lealdade à marca. Segundo este autor, o comportamento de compra repetida não indica necessariamente uma ligação com uma marca em particular. Além disso, duas outras considerações devem ser feitas: o efeito das atitudes do cliente e as opções disponíveis para o cliente. Assim, para ser considerado leal, o cliente deve possuir um comportamento de compra repetida e uma atitude relativamente positiva em relação

ao produto de uma organização, em relação às outras opções disponíveis para o cliente (CURASI e KENNEDY, 2002). Jacoby e Chesnut (1978) definem a lealdade do cliente como o comportamento de preferência de um cliente por uma marca em particular dentre uma seleção de marcas similares, a qual é resultante de um processo de tomada de decisão avaliativo ao longo de um período de tempo.

2.3 Qualidade Percebida

Embora não haja consenso sobre a conceituação e a medição da qualidade de serviços (CARMAN, 1990), para Zeithaml 1988, a qualidade do serviço é o julgamento do consumidor sobre a excelência global ou superioridade de um serviço. As atividades que pertencem a este processo ocorrem com a participação ativa do cliente podendo ser definidas como atividades de alto contato.

Nem sempre as pessoas ou os recursos podem ser divididos como de alto contato, porém têm-se vantagens em usar essa classificação, pois se identifica as variáveis que influenciam na gestão dos serviços (GRÖNROOS, 1990):

Estocabilidade, a produção de serviços é susceptível de ser inseparável de seu consumo;

Intensidade e extensão da interação no contato com o cliente;

Intangíveis;

Heterogêneos, ou seja, seu desempenho varia freqüentemente com relação ao fornecedor e ao cliente;

Por causa dos atributos dos serviços, a avaliação da qualidade é mais difícil que a avaliação da qualidade do produto. Além disso, a avaliação pode ser associada o processo de entrega juntamente com a produção do serviço (CODY e HOPE, 1999).

De um modo geral, a qualidade do serviço é vista como um fator crítico para a rentabilidade e, portanto, para o sucesso de uma empresa. Dois processos subjacentes geralmente explicam a contribuição da qualidade do serviço para a lucratividade. No primeiro, a qualidade do serviço é considerada como uma vantagem competitiva para adquirir e atrair novos clientes, contribuindo também para a retenção dos existentes (VENETIS e GHOURI, 2000). No segundo, a qualidade do serviço melhora a tendência dos clientes em efetuar uma nova compra, para adquirir outros serviços, tornando-se menos sensíveis aos custos e mais susceptíveis a propagar

com outros possíveis clientes as suas experiências positivas (VENETIS e GHOURI, 2000). Por exemplo, Bloemer et al. (1998) e Jones et al. (2002), entre outros, têm apontado que existe uma associação positiva entre a qualidade do serviço e a intenção de recompra, recomendar e uma resistência maior aos concorrentes. Assim, propõe-se que a qualidade do serviço tem um efeito positivo na lealdade dos clientes.

O processo de percepção da qualidade é complexo, pois além de ser uma parte bem subjetiva do cliente leva em conta a qualidade esperada do serviço. A qualidade experimentada em serviços possui duas dimensões básicas: a qualidade técnica ou "o que" o cliente recebe como solução técnica, e a qualidade funcional ou "como" o cliente recebe o serviço e como ele vivencia o processo de produção e consumo simultâneo (GRONROOS, 1993). A imagem da organização, nesse caso, funciona como um filtro para a percepção da qualidade pelo cliente, amenizando o impacto de fatores que possam influenciá-la negativamente. Por sua vez, a qualidade esperada é influenciada por alguns fatores de interação com o mercado:

- Imagem: apresenta a função básica na formação da qualidade esperada, criando expectativas a partir de experiências anteriores;
- Comunicação boca a boca: influencia na expectativa e na criação da mensagem sobre a organização, sua credibilidade e confiabilidade;
- Comunicação com o mercado: a qualidade esperada é influenciada por meio de campanhas publicitárias, treinamento do cliente, comunicações, etc.;
- Necessidades dos consumidores: que é um fator inerente à busca da satisfação pelo cliente;
- Experiências anteriores: as quais induzem diretamente o cliente na formação da sua expectativa em relação à qualidade.

Algumas dessas variáveis podem ser diretamente controladas pela empresa sendo exemplos desses controles a comunicação com o mercado: publicações, mala direta, relações públicas e campanhas de vendas, já os fatores de imagem e comunicação boca a boca são apenas indiretamente controlados. O impacto externo desses fatores também pode ocorrer, mas eles são basicamente funções do desempenho prévio da empresa.

2.4 Valor Percebido

Na literatura, os custos de mudança aparecem como barreiras que evitam que o cliente troque de fornecedor (VERHOEF, 2003). Essas barreiras podem ser erguidas pelas empresas como forma de aumentar a retenção de clientes, mas à medida que os clientes obtêm informações sobre as suas alternativas, as barreiras de mudança caem drasticamente (BLATTBERG, GETZ e THOMAS, 2001). Os custos de mudança percebidos pelos clientes fornecem para as empresas o grau de poder que estas têm sobre a recompra dos clientes (KLEMPERER, 1995), como podem ser também considerados um recurso da empresa (GHOSH e JOHN, 1999), uma estratégia para aumentar a lealdade dos clientes (LAM et al., 2004), e uma vantagem competitiva (ARTHUR, 1996).

Porter (1998), define os custos de mudança como os valores “one-time” que os compradores enfrentam quando mudam de um produto / fornecedor para outro. Além dos objetivamente mensuráveis custos monetários, os custos de mudança podem também se referir no tempo e no esforço psicológico envolvido no enfrentamento da incerteza de lidar com um novo serviço (BLOEMER et al. 1998). Assim, os custos da mudança são parcialmente específicos (SHY, 2002). Por esta razão, um custo de mudança pode ser visto como um esforço que impede os clientes de abandonar uma marca pela marca da empresa rival.

Jackson (1985) descreve o custo da mudança como uma função soma dos valores econômicos, psicológicos e físicos. O custo econômico ou financeiro da mudança é um valor irrecuperável que aparece quando o cliente altera o seu hábito de consumo, por exemplo, os custos de encerramento de uma conta com um banco e de abertura de uma nova conta (KLEMPERER, 1987).

Segundo Etzel et al. (1997), o processo de compra pode ser dividido em fases:

- Reconhecimento das Necessidades;
- Busca de informações;
- Avaliação das alternativas;
- Decisão de comprar e
- Comportamento pós-compra.

Por exemplo, se um consumidor deseja trocar de operadora, ele deve avaliar as outras operadoras em relação a diferentes critérios, como área de cobertura, o

faturamento, atendimento ao cliente, serviços de valor agregado etc., concluindo em comprar uma nova linha celular e, finalmente, informar as pessoas sobre o novo número.

Custo psicológico é percebido como as obrigações decorrentes das incertezas e os riscos que aparecem ao longo do tempo com a efetuação da mudança de marca. O cliente percebe o risco elevado em usar uma nova marca, ou um serviço desconhecido (SHARMA e PATTERSON, 2000).

Especialmente nos serviços, onde os clientes preferem um provedor em alternativa aos seus serviços rivais, o risco existe porque a qualidade do serviço pode não ser avaliado antes da compra. Um cliente que obtêm as informações, com a finalidade de diminuir sua ansiedade sobre uma possível decisão de compra errada, vai utilizar todas as suas experiências anteriores de compras fenômeno este conhecido como "dissonância cognitiva da pós-compra" (ETZEL et al., 1997). Neste processo, se o cliente desejar trocar de marca, ele iria comparar a marca mudou as suas marcas anteriores. Portanto, o melhor desempenho na comparação das marcas, será a melhor alternativa. Assim, os clientes que querem diminuir a dissonância cognitiva preferem marcas que eles anteriormente já usaram (KLEMPERER, 1995).

Setores da economia com custos de mudança são geralmente caracterizadas por consumidores leais, onde se observa que os consumidores efetuam várias compras em uma mesma marca, mesmo depois de identificar concorrentes com valores economicamente mais viáveis. Uma consequência importante de se ter consumidores leais é a capacidade das empresas em praticar custos acima dos custos marginais (SHY, 2002).

No caso do setor onde se evidencia custo da mudança, quando os clientes decidem por uma operadora, ele exibe lealdade a marca e pereniza as suas compras na mesma marca (KLEMPERER, 1987). Além disso, se os clientes são sensíveis aos atributos de um produto, tais como a qualidade, a sensibilidade a custos tende a diminuir (ERDEM et al., 2002). Em outras palavras, o cliente se comporta de forma leal.

Por estas razões, o custo da mudança é identificado com um fator que influencia diretamente a sensibilidade do cliente ao nível dos custos, e assim influencia a lealdade do cliente (BURNHAM et al., 2003).

2.5 Imagem

A imagem corporativa é descrita como a impressão geral feita na mente do público sobre uma empresa (BARICH e KOTLER, 1991). Nguyen e Leblanc (2001) afirmam que a imagem corporativa está relacionada com os atributos físicos e comportamentais da empresa, tais como nome, a arquitetura, a variedade de produtos / serviços, e a por fim a impressão de qualidade expressa que cada colaborador da empresa passa para com os clientes.

Imagem corporativa é o resultado de um processo (MACINNIS e PRICE, 1987). Este processo decorre de ideias, sentimentos e experiências de consumo com uma empresa que são devidamente recuperados da memória e transformados em imagens mentais (YUILLE e CATCHPOLE, 1977). Portanto, a imagem da empresa é o resultado de um processo de avaliação. Mesmo que um cliente não tenha informações suficientes sobre a empresa, as informações obtidas a partir de diferentes fontes, tais como anúncios e de boca em boca vai influenciar o processo de formação da imagem corporativa.

Fishbein e Ajzen (1975) argumentam que as atitudes estão funcionalmente ligadas às intenções comportamentais que predizem o comportamento. Por conseguinte, a imagem da empresa é associada a uma atitude e deve afetar as intenções, tais como a lealdade dos clientes (JOHNSON et al., 2001). Nguyen e Leblanc (2001) demonstram que a imagem corporativa relaciona-se positivamente com a fidelização de clientes em três relevantes setores da economia (varejo, telecomunicações e educação). Conforme já salientado, a imagem corporativa resulta de um somatório de todas as experiências de consumo e da percepção da qualidade de serviço, sendo assim uma função não linear dessas experiências, que pode ensejar a confiança na marca. Anderson e Narus (1990) enfatizam que a confiança ocorre quando uma parte acredita que as ações de outra parte resultarão em situações benéficas para si mesmo. Por conseguinte, para confiar em uma marca, os clientes devem perceber a qualidade como sendo um fator positivo. Confiança tem sido reconhecida como um importante papel na relação que afeta o compromisso do cliente com a marca (MORGAN e HUNT, 1994) e assim a lealdade do cliente (GUNDLACH e MURPHY, 1993). Parece que se uma parte confia em outra, é provável que desenvolva alguma forma de intenção comportamental propícia em relação à outra

parte. Assim, quando um cliente confia em uma marca, significa que ele tem uma intenção afirmativa de adquirir a marca (LAU e LEE, 1999).

Neste contexto, a confiança trabalha na preservação do relacionamento por meio da cooperação de troca entre parceiros, resiste a atraentes alternativas de curto prazo em favor de benefícios esperados ao longo prazo na permanência com os parceiros já existentes. Assume potencialmente ações de alto risco como sendo prudente devido à crença de que seus parceiros não agirão de forma oportunista (MORGAN e HUNT, 1994). Assim, afirma-se que há uma associação positiva entre a confiança em uma empresa e a lealdade de clientes (CHAUDHURI e HOLBROOK, 2001).

Doney e Cannon (1997) sugerem que a construção da confiança envolve um processo calculado baseado na capacidade de uma parte em continuar a cumprir as suas obrigações e na estimativa dos custos versus benefícios em permanecer no relacionamento. Portanto, para confiar em uma marca, os clientes devem não só perceber os resultados benéficos, mas também acreditar que estes resultados positivos continuarão no futuro. Em consequência, a qualidade dos serviços deve afetar positivamente a confiança na operadora.

A confiança reflete a credibilidade (GANESAN, 1994), e afeta a credibilidade de longo prazo, reduzindo a percepção de risco associada aos comportamentos oportunistas por parte da empresa (ERDEM et al., 2002; GANESAN, 1994). Especificamente, a confiança reduz a incerteza em um ambiente em que os consumidores sentem-se vulneráveis, uma vez que eles sabem que podem contar com a confiança na marca (CHAUDHURI e HOLBROOK, 2001). Quando o cliente confia na operadora de telefonia reduzem-se as incertezas associadas aos serviços que foram entregues anteriormente ou que estão ainda a ser entregues. A redução das incertezas associadas à operadora aumenta relativamente à incerteza as concorrentes, e assim, diminui a possibilidade da rotatividade.

2.6 Reclamação

As reclamações são o resultado da insatisfação do cliente em relação a um bem ou serviço, sendo uma das variáveis consequentes da satisfação do cliente, estando relacionada com a intensidade das reclamações realizadas pelos clientes e a

maneira que as empresas lidam com estas reclamações. Estudiosos tem pesquisado o mercado com a finalidade de encontrar relação entre satisfação e tratamento de reclamações. A literatura revela que o tratamento da reclamação do cliente determinar satisfação (HANSEMARK e ALBINSSON, 2004). A finalidade de resolver e eliminação uma insatisfação é conhecido como gestão de reclamações (WESTBROOK e FORNELL, 1979). Andreasen (1988) descobriu que 60% dos clientes obtêm satisfação pela reclamação. Ele acredita em um relacionamento negativo entre satisfação de cliente e reclamações. Quanto maiores as reclamações do cliente menor seria sua satisfação. No entanto, Zeithaml et al. (1990) concluiu que o desempenho adequado do serviço realizado na primeira vez e a imediata solução dos problemas, viabilizará uma relação de longo entre fornecedor de serviços seus clientes. Bowen e Lawler (1990) afirmaram que as empresas podem transformar o cliente irritado em satisfeito possibilitando um fácil acesso para manifestação do cliente e a resposta rápida para suas reclamações. Stephens e Gwinner (1998) concluíram em sua pesquisa que dois terços dos clientes não fazem reclamações. Bosch e Enriquez (2005) recomendaram o tratamento de reclamações como uma das ferramentas para avaliar a qualidade do serviço prestado. Eles afirmaram que se um cliente ficar satisfeito com a forma que sua reclamação foi tratada pelo provedor de serviço, ficará também satisfeito com a qualidade do serviço prestado.

2.7 Modelo Conceitual e Hipóteses

Na sequência da revisão da literatura foi adotado como referência neste estudo o modelo ECSI (2000), com as adaptações necessárias. A Figura 1 apresenta o modelo proposto destacando-se as cinco variáveis latentes abordadas anteriormente, onde a satisfação é o construto central, sendo a imagem, a qualidade e o valor, construtos antecedentes e os construtos lealdade e reclamação, consequentes. Entender como estas cinco dimensões se relacionam entre si é uma dos temas da presente pesquisa, sendo definidas da seguinte forma:

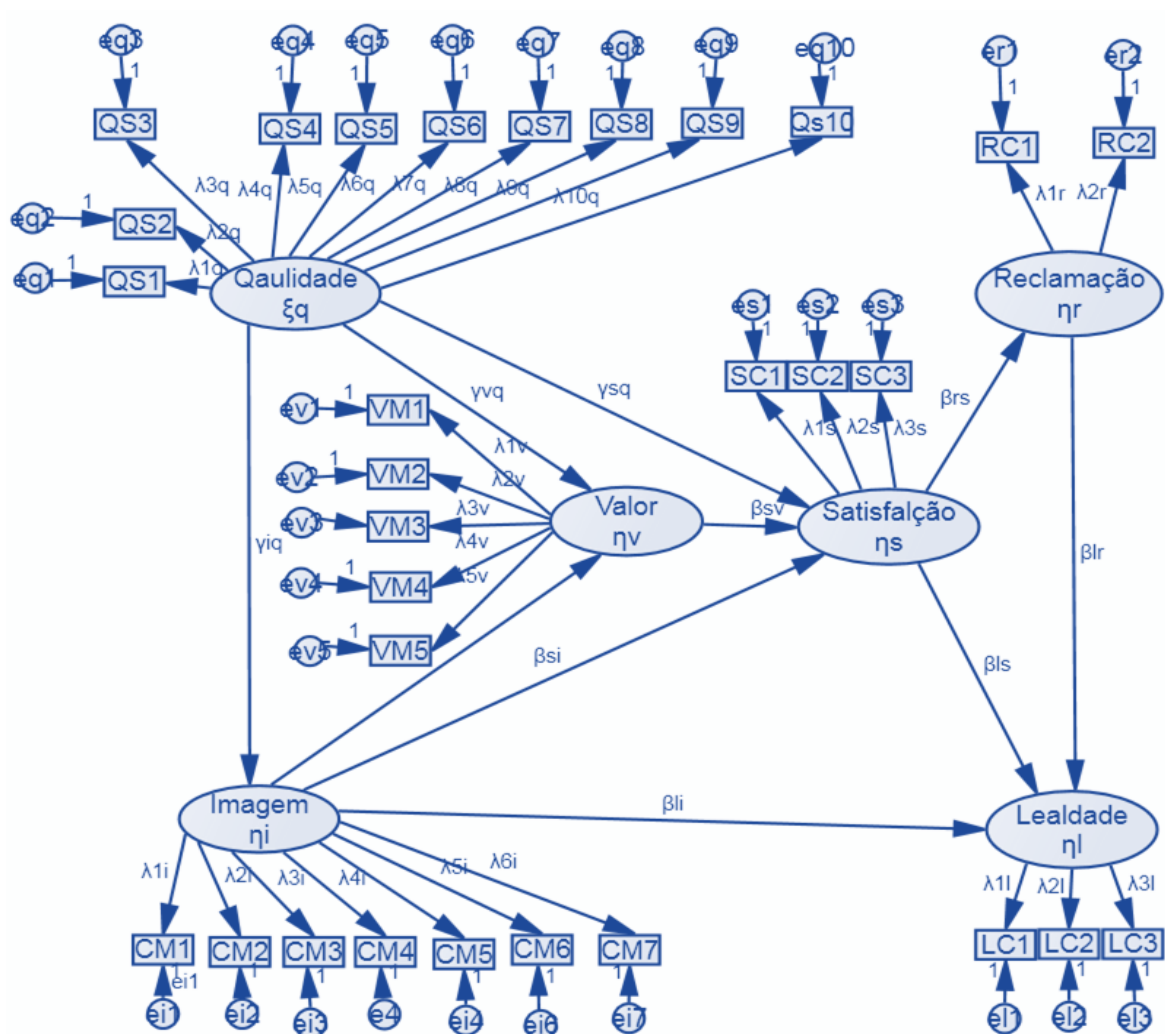
H1: Quanto melhor for a qualidade, mais positiva a satisfação.

H2: Quanto melhor for o valor, mais positiva será satisfação.

H3: Quanto melhor for a qualidade, mais positivo o valor.

- H4: Quanto melhor for a qualidade, mais positiva a imagem.
- H5: Quanto melhor for a imagem, mais positiva a satisfação.
- H6: Quanto melhor for a imagem, mais positivo o valor.
- H7: Quanto melhor for a satisfação, mais positiva a lealdade.
- H8: Quanto menor for a imagem, mais positiva a lealdade.
- H9: Quanto menor for a satisfação, mais positiva a reclamação.
- H10: Quanto menor for a reclamação, mais positiva a lealdade.

Figura 1: Diagrama Estrutural do Modelo Conceitual



Fonte: Os autores

3. METODOLOGIA

3.1 Modelagem de equações estruturais

Os Modelos baseado em Equações Estruturais (MEE) podem ser entendidos como modelos de pesquisas embasados em estatística, correlações e análise de regressão, que incluem variáveis latentes dependentes e independentes e erros de medidas nas variáveis, múltiplos parâmetros, causas recíprocas, simultaneidade e interdependência. Os métodos incluem como casos especiais: procedimentos para análise confirmatória de fatores, regressão múltipla, análise de caminhos (path), modelos de dados dependentes no tempo, estruturas de covariâncias, modelos recursivos e não recursivos para dados de corte e dados longitudinais. Os modelos de equações estruturais são úteis para resolver problemas em ciências sociais e do comportamento humano, sendo aplicados no marketing e nas tradicionais áreas de sociologia, psicologia, educação e econometria (JÖRESKOG e SÖRBOM, 1982). Segundo Mendes (2006), o modelo é normalmente empregado quando o fenômeno em estudo está especificado em termos de variáveis de causas e efeitos. Cada equação no modelo representa uma ligação causal ao invés de uma mera associação empírica entre as variáveis. Os parâmetros estruturais representam características do processo (mecanismo) que gera as variáveis observadas. Jöreskog e Sörbom (1982) relataram três situações que requerem o emprego das equações estruturais ao invés dos modelos de regressão linear:

As variáveis observadas contêm erros de medidas e quando os interesses estão centrados nos relacionamentos entre as variáveis verdadeiras;

Existência de interdependência ou causas simultâneas entre as variáveis de respostas observadas;

As variáveis explicativas importantes não foram observadas ou omitidas.

Para Bollen 1989, um Modelo de Equações Estruturais com variáveis latentes é definido conforme as equações:

$$\eta = \alpha + B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

$$y = \mu_y + \lambda_y\xi + \varepsilon \quad (2)$$

$$x = \mu_x + \lambda_x\xi + \delta \quad (3)$$

A equação (1) é a parte estrutural do modelo sendo as equações (2) e (3) as partes relativas às variáveis medidas. Os vetores aleatórios $\eta' = \eta_1, \dots, \eta_m$ e $\xi =$

ξ_1, \dots, ξ_m não são observáveis e representam as variáveis latentes dependentes (endógenas) e independentes (exógenas) respectivamente. O vetor α é o intercepto da equação estrutural, no entanto ele não aparecerá no modelo se as variáveis latentes e as observadas forem tomadas derivadas de suas respectivas médias. As matrizes $B_{(m \times m)}$ e $\Gamma_{(n \times n)}$ são as matrizes de coeficientes e $\zeta = \zeta_1, \dots, \zeta_m$ é o vetor erro ou distúrbios aleatórios (resíduo na equação estrutural).

No modelo estrutural proposto na Figura 1, a qualidade representa uma variável exógena (ξ_q), as variáveis endógenas imagem (η_i), valor (η_v), reclamação (η_r), satisfação (η_s) e lealdade (η_l). Os elementos da matriz B representam os efeitos causais diretos de η em outras variáveis η , por exemplo, o efeito que a satisfação afeta a lealdade e os elementos γ da matriz representam o efeito direto da variável qualidade ξ_q nas variáveis endógenas η . As matrizes $\Phi(n \times n)$ e $\Psi(m \times m)$, não representadas na equação, são as matrizes de ξ e ζ respectivamente.

$$\begin{bmatrix} \eta_i \\ \eta_v \\ \eta_r \\ \eta_s \\ \eta_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{vi} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta_{rs} & 0 \\ \beta_{si} & \beta_{sv} & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{li} & 0 & \beta_{lr} & \beta_{ls} & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \eta_i \\ \eta_v \\ \eta_r \\ \eta_s \\ \eta_l \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{iq} \\ \gamma_{vq} \\ 0 \\ \gamma_{sq} \\ 0 \end{bmatrix} * \xi_q + \begin{bmatrix} \zeta_q \\ \zeta_v \\ \zeta_r \\ \zeta_s \\ \zeta_l \end{bmatrix} \quad (4)$$

Ou seja, no modelo estrutural proposto a imagem é uma variável influenciada apenas pela qualidade percebida e influencia todas as outras variáveis endógenas, sendo a variável lealdade a mais instável de todas, pois é influenciada por todas as variáveis endógenas.

3.2 Determinação do instrumento e técnica de coleta de dados

Foram realizadas entrevistas pessoais cujo questionário utilizou dois tipos de variáveis: as relativas ao conteúdo da pesquisa e as de caracterização. As variáveis relativas ao conteúdo da pesquisa compreendem essencialmente intenções comportamentais, atitudes e percepções, enquanto as de caracterização dizem respeito, principalmente, aos aspetos demográficos, econômicos, que descrevem de forma geral o passageiro, ou seja, são as questões relativas ao seu perfil. Estas

variáveis desempenham um papel fundamental na compreensão e na precisão de fenômenos socioeconômicos e geográficos.

A parte inicial do questionário contém informações sobre as variáveis de caracterização, ou seja: sexo, estado civil, faixa etária, grau de escolaridade, renda mensal, e gasto médio mensal. Na parte final foram expostas as variáveis relativas ao conteúdo da pesquisa referentes ao modelo conceitual com as seguintes dimensões: Satisfação (10 itens do questionário), Imagem (7 itens do questionário), Qualidade Percebida (5 itens do questionário), Valor (5 itens do questionário) e Lealdade (3 itens do questionário) e Reclamação (2 itens do questionário) totalizando 32 itens do questionário.

3.2.1 Medidas

Os construtos do modelo foram medidos utilizando um questionário de itens de múltiplas escalas. As medidas utilizaram um formato de resposta de 10 pontos do tipo Likert, sendo os itens “discordo totalmente” e “concordo totalmente” utilizados como ancoras. Uma lista de itens de medição foi desenvolvida utilizando a recolhimento informação de entrada formulados a partir da revisão da literatura relacionada ao nosso estudo. Os itens podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização das Variáveis latentes e Variáveis de Medida

Variáveis Latentes	Variáveis Observáveis (Medidas)	Fontes de Adaptação de Escalas
Satisfação	Julgamento realizado pelo cliente de um bem ou serviço, para atender as suas necessidades e expectativas. Variáveis: SC1 SC2 e SC3	Oliver (1997); Fornell et al. (1996);
Qualidade Percebida	Avaliação que o cliente faz do bem ou serviço com base em dois fatores: customização e confiabilidade. Variáveis: QS1, QS2, QS3, QS4, QS5 QS6, QS7, QS8, QS9 e QS10	Zeithaml; Bitner (2003); Parasuraman, Berry; Zeithaml; (1996);
Imagem	Visão do mercado sobre a empresa, refletindo o prestígio externo da organização. Variáveis: VM1, VM2, VM3, VM4 VM5	Modelo ECSI(2000) Morgan e Hunt (1997)
Valor	É a qualidade percebida pelo mercado de um bem ou serviço, ajustada pelo seu preço relativo. Variáveis: CM1, CM2, CM3, CM4, CM5, CM6 e CM7	Zeithaml; (1998); Fornell et al(1996) Modelo ECSI(2000)

Lealdade	Decorrente das interações nas quais o cliente estabelece confiança na empresa, caracterizada como uma intenção de comportamento favorável ao produto ou serviço fornecido. Variáveis: LC1, LC2 e LC3	Fornell et al.(1996) Parasuraman, Berry; Zeithaml; (1996); Modelo ECSI(2000)
Reclamação	Decorre da insatisfação do cliente com relação a um bem ou serviço. Variáveis: RC1 e RC2	Zeithaml; Bitner (2003); Mowen; Minor (2003). Modelo ECSI(2000)

Fonte: Os autores

3.3 Determinação da população da pesquisa, a amostragem e o questionário

A população alvo do estudo foi constituída clientes de utilizaram os serviços oferecidos pelas operadoras de telefonia móvel na região metropolitana de grande Natal e da grande Mossoró, escolhida a partir dos dados das quatro maiores operadoras de comunicação móvel no Rio Grande do Norte, esta informação esta disponibilizada no site da ANATEL por meio da análise dos prefixos e das faixas de numeração autorizados pela agencia para comercialização por parte das operadoras. Com a matriz população identificada, foram escolhidos aleatoriamente 1000 possíveis respondentes utilizando a função *rand* no Matlab, devido a facilidade de processamento das informações foi utilizado a planilha eletrônica para selecionar os valores que foram entrevistados no período compreendido ente os dias 16 de agosto a 23 de dezembro 2012, as entrevistas foram realizadas por uma empresa especializada nas regiões mencionadas.

O processo utilizado para a obtenção das amostras necessárias para a realização da pesquisa de satisfação foi estruturado através de um plano amostral com intervalo de confiança de 95% e margem de erro máxima de 5% (MALHOTRA, 2006). O cálculo do tamanho das amostras foi efetuado com base na estimação de proporções. Para atingir o nível de confiança e a margem de erro tolerável escolhidos, foram obtidos 450 questionários validados com base na equação descrita em Larson e Farber (2010).

Tabela 2: Características Sociodemográficas da Amostra

Dados Relevantes		% Homens	% Mulheres
Estado Civil	Solteiro	42,0	29,5
	Casado	51,0	61,7
Faixa Etária	18 à 30	54,9	66,8
	31 à 40	17,1	14,0
	41 à 50	15,6	13,5
Nível Educacional	Ensino Médio	14,4	18,7
	Superior Incompleto	44,7	46,1
	Superior Completo	16,0	17,6
Tempo de Adesão do Cliente	6 à 12 meses	7,8	4,1
	12 à 24 meses	18,3	19,2
	Mais de 24 meses	70,4	71,5
Faixa de Renda	Até R\$ 2000,00	22,2	37,3
	De R\$ 2000,00 à R\$ 5000,00	27,5	35,2
	De R\$ 5000,00 à R\$ 7000,00	11,9	16,7
Natureza do Serviço	Pré-Pago	53,0	65,3
	Pós-Pago	29,5	44,0
	Ambos	1,6	5,2
Gasto Médio Mensal	Até R\$ 20,00	23,0	25,4
	De R\$21,00 a R\$50,00	32,7	42,0
	De 51,00 a 100,00	19,1	18,00

Fonte: Os autores

4. PROCEDIMENTOS DE TESTE PARA INVARIÂNCIA DE MÚLTIPLOS GRUPOS

A análise múltiplos grupos tem como finalidade avaliar se a estrutura do modelo de medida ou do modelo estrutural é equivalente em grupos diferenciados ou populações com características distintas. A natureza desta análise demanda a existência de grupos mutuamente exclusivos, cujos itens foram medidos ou avaliados em um conjunto de elementos distribuídos aleatoriamente ou não, pelos grupos (MARÔCO, 2010). A questão principal a ser abordada antes da com preparação de grupos é se os construtos do modelo conceitual têm o mesmo significado para cada grupo. Inicialmente, o ajuste dos dados ao modelo hipotético para os constructos deve ser testado com as amostras dos dados para cada grupo (DIMITROV, 2006). Se for observada a invariância, o passo seguinte é o teste de invariância de medição para certificar-se de que as pontuações em qualquer construto tem o mesmo significado para cada um dos grupos de comparação. Em linguagem de medição, a falta de

invariância de medição sinaliza a ocorrência de funcionamento diferencial do item (HOLLAND e WAINER, 1993). Os testes para validade do modelo hipotético e de invariância de medição, em todos os grupos, são condições necessárias para uma significativa e precisa comparação de grupos em construtos de interesse (BYRNE, 2004). Com estas duas condições atendidas, o teste para significância de diferenças entre grupo sobre os construtos pode ser eficientemente realizada no âmbito de MEE (BOLLEN, 1989).

A validade do Modelo Conceitual deve ser testada separadamente para cada um dos dois grupos de pessoas. Uma análise fatorial confirmatória (AFC) no âmbito de modelagem de equações estruturais (MEE) foi realizada usando o software AMOS V.19 para análise estatística com variáveis latentes. A qualidade do ajustamento mede a correspondência da matriz de dados de entrada com aquela prevista com o modelo proposto. Na aplicação desenvolvida serão utilizadas as estatísticas dos ajustes de bondade relativas: o valor do qui-quadrado que fornece o valor de referência no qual os testes subsequentes de invariância podem ser comparados, o Índice de Ajuste Comparativo CFI e o Erro Quadrático Médio Aproximado (RMSEA), cujos valores de referência estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Descrição e Valores de Referência para Índices de Qualidade de Ajustamento

Índice	Descrição	Valores de referência
χ^2	Indica a discrepância entre o modelo proposto e o modelo ajustado	Significância $p > 0.05$
χ^2/df	Dado que o qui-quadrado é sensível ao tamanho da amostra e só faz sentido se considerados os graus de liberdade, o seu valor é dividido pelos graus de liberdade.	Ajustamento razoável < 2 Tabachnick e Fidell (2007)
RMSEA	Mostra a qualidade de ajustamento do modelo à matriz covariâncias subjacente à amostra, tendo em conta os graus de liberdade;	< 0.05 : Bom ajustamento < 0.08 : Ajustamento razoável Hair et al (1998)
CFI	Mostra em que medida a qualidade de ajustamento modelo proposto é melhor que a do modelo de base.	Ajustamento bom > 0.90 Marôco (2010)

Fonte: Os autores

A partir do estabelecimento da validade do modelo conceitual, pode-se prosseguir com o teste de invariância do modelo de medida, para determinar se os coeficientes de cada construto tem o mesmo significado para cada grupo. A falta de

invariância de medição indica a presença de funcionamento diferencial do item, ameaçando assim a validade dos resultados relacionados com as diferenças de significância de grupo sobre o construto subjacente (MEREDITH, 1993).

Para demonstrar que o modelo fatorial proposto é invariante entre grupos sob teste, conjuntos de parâmetros correlatos aos pesos fatoriais e as covariâncias entre fatores, são avaliados de maneira ordenada e sequencialmente restritiva, realizando-se uma comparação do ajustamento dos diferentes grupos simultaneamente, considerando:

- a) os pesos fatoriais e covariância do modelo de medida
- b) os coeficientes estruturais das relações causais
- c) as variâncias e as covariâncias dos erros

Para realização do teste de invariância dos pesos fatoriais do modelo de medida, procedem-se restrições de igualdade aos pesos fatoriais de todos os grupos. A estatística do teste é dada pela diferença do qui-quadrados χ^2 do modelo com fatores específicos fixos e do modelo com fatores específicos livres, com os graus de liberdades definidos previamente. De modo análogo a análise de invariância aplica-se aos coeficientes do modelo estrutural. Como condição para testar a invariância fatorial, considera-se o modelo de referência que é estimado para cada grupo separadamente, evidenciando o que melhor se ajusta aos dados a partir das visões de parcimônia e significado relevante. O modelo mais parcimonioso, substancialmente mais significativo é referido como modelo para este grupo. Nesta fase os parâmetros são livres e as estatísticas do χ^2 obtidas para cada grupo são aditivas, sendo selecionado o modelo de referência para ambos os grupos. Na fase subsequente realiza-se a fixação de parâmetros do modelo adotado de modo a testar a condição de invariância, estabelecendo-se restrições de complexidade à estrutura fatorial (MARÔCO, 2010).

Com a suposição de invariância do modelo de medida atendida entre todos os grupos, o caminho para a comparação da significância de variáveis latentes de interesse fica estabelecido. A análise múltiplos grupos também pode ser realizada através da comparação das trajetórias estruturais entre variáveis latentes num modelo completo de equações estruturais, utilizando-se o teste das diferenças dos χ^2 dos

modelos aninhados. Confrontando-se com o procedimento anteriormente explicitado, acrescenta-se mais um conjunto de trajetórias correspondentes aos coeficientes estruturais dos modelos, gerando assim cinco modelos para análise. Considerando que os modelos são aninhados é possível avaliar a qualidade dos modelos nos grupos pelo teste da diferença dos χ^2 (MARÔCO, 2010). A análise de médias entre grupos também pode ser utilizada para testar diferenças estruturais significativas entre grupos em estudo com modelos que contem interceptos. Para estimar a diferença entre as médias entre grupos sobre um construto, um dos grupos é escolhido para servir como um grupo de referência e a sua média no construto é fixada em zero. Com isto, a média do construto do outro grupo representa a diferença entre as médias do construto dos dois grupos. A análise ocorre com a comparação das médias das variáveis latentes relativamente às médias do grupo de referência. No primeiro modelo apenas os pesos fatoriais são fixos, no segundo modelo, além dos pesos, serão fixados os interceptos. O teste da diferença dos χ^2 dos dois modelos com médias dos dois fatores fixos nos dois grupos comparado ao de médias livres avalia a existência de diferenças significativas (BYRNE, 2010).

5. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS OBSERVADOS

5.1 Análise fatorial confirmatória do modelo hipotético

Para testar se a hipótese de que o modelo conceitual proposto é representativo dos seus construtos aplica-se a análise fatorial para confirmar com que amplitude as variáveis observadas selecionadas são geradas efetivamente pelos fatores que lhe são correlatos. Neste sentido, seu foco centraliza-se nos coeficientes de regressão das variáveis observadas sobre os fatores. O modelo de mensuração é avaliado através dos índices de ajustes, da validade convergente e da validade discriminante. No contexto da AFC, além da qualidade do ajustamento é conveniente avaliar a confiabilidade e a validade de medição. A confiabilidade refere-se ao atributo de consistência e a reprodução da medida. Uma medida de confiabilidade adequada para AFC é a confiabilidade composta (FORNELL e LARCKER, 1981). A validade é o atributo da escala de medida que verifica se esta mede o construto que se pretende avaliar. A validade convergente se estabelece quando os itens que são reflexos de

um fator saturam fortemente este fator e o comportamento destes itens é explicado essencialmente por este fator. A validade discriminante verifica se os itens que refletem um fator não estão relacionados com outros fatores (MARÔCO, 2010).

A análise fatorial confirmatória foi realizada com o software estatístico AMOS V.19. A existência de valores extremos (outliers) foi verificada pela distância quadrática de Mahalanobis (D^2) e a normalidade das variáveis pelos coeficientes de assimetria (sk) e curtose (Ku) uni e multivariada (MARÔCO, 2010). Nenhuma das variáveis apresentou valores de sk e ku indicadores de violações graves à distribuição normal (Hair et al, 1998:612). A qualidade global do ajustamento do modelo fatorial foi realizada de acordo com os índices χ^2/df , CFI, e RMSEA. O ajustamento do modelo foi produzido a partir dos índices de modificações sugeridos pelo software AMOS e fundamentados em considerações teóricas. O modelo conceitual original ajustado a uma amostra de 450 respondentes produziu uma qualidade de ajustamento pobre ($\chi^2/df=1,960$, CFI=0,837 e RMSEA=0,046). Depois de remoção do item VM4 que saturou em um fator diferente, qual seja, satisfação, ao invés de imagem e correlacionados os erros de medida eq1 com eq3, eq1 com eq4, eq5 com eq6, todos pertencentes ao fator Qualidade, e os erros ei2 com ei7 com ei4, todos pertencentes ao fator Imagem, foi possível alcançar uma boa qualidade de ajustamento, ($\chi^2/df=1,551$, CFI=0,912 e RMSEA=0,035) em benefício da validade fatorial do modelo conceitual. A confiabilidade composta dos fatores (FORNELL e LARCKER, 1981) mostrou-se adequada sendo de 0,93 para satisfação, 0,85 para lealdade, 0,89 para valor, 0,94 para qualidade, 0,87 para imagem, 0,80 para reclamação. A validação do modelo é o ultimo requisito para dar suporte a decisão de aceitar ou rejeitar, nas quais são analisadas a confiabilidade e a validade dos construtos. A variância extraída média (VEM), um indicador de validade convergente dos fatores, revelou-se também adequada sendo de 0,62 para satisfação, 0,66 para lealdade, 0,68 para valor, 0,60 para qualidade, 0,62 para imagem, 0,70 para reclamação, conforme ilustrada na Tabela 4.

Tabela 4: Confiabilidade Composta e Variância Extraída Média

		Estimados		Erro	Confiabilidade Composta > 0,7	Variância Media Extraída > 0,5
QS1	<---	Qualidade	0,736	0,4583	0,94	
QS9	<---	Qualidade	0,701	0,5085		
QS8	<---	Qualidade	0,739	0,4538		
QS7	<---	Qualidade	0,835	0,3027		
QS6	<---	Qualidade	0,694	0,5183		
QS5	<---	Qualidade	0,732	0,4641		0,60
QS4	<---	Qualidade	0,759	0,4239		
QS3	<---	Qualidade	0,833	0,3061		
QS2	<---	Qualidade	0,833	0,3061		
QS1	<---	Qualidade	0,888	0,2114		
VM5	<---	Valor	0,848	0,2808	0,89	
VM	<---	Valor	0,513	0,7368		
VM2	<---	Valor	0,948	0,1012		0,68
VM1	<---	Valor	0,923	0,1480		
IM1	<---	Imagem	0,841	0,2927	0,87	
IM2	<---	Imagem	0,698	0,5127		
IM3	<---	Imagem	0,860	0,2604		0,62
IM4	<---	Imagem	0,735	0,4597		
LC3	<---	Lealdade	0,568	0,6864	0,85	
LC2	<---	Lealdade	0,935	0,1257		0,66
LC1	<---	Lealdade	0,892	0,2043		
SC3	<---	Satisfação	0,881	0,2238	0,93	
SC2	<---	Satisfação	0,910	0,1719		0,81
SC1	<---	Satisfação	0,904	0,1827		
RC1	<---	Reclamação	0,694	0,5183	0,80	
RC2	<---	Reclamação	0,816	0,3341		0,70

Fonte: Os autores

Para análise da validade discriminante pode ser agora avaliada comparando-se as VEM para cada fator com o quadrado da correlação entre os fatores cuja validade discriminante se pretende analisar. Assim foram utilizados os valores calculados na Tabela 4 com o objetivo de avaliar se os itens que refletem o fator, não estão correlacionados com outros fatores conforme explicitados na Tabela 5.

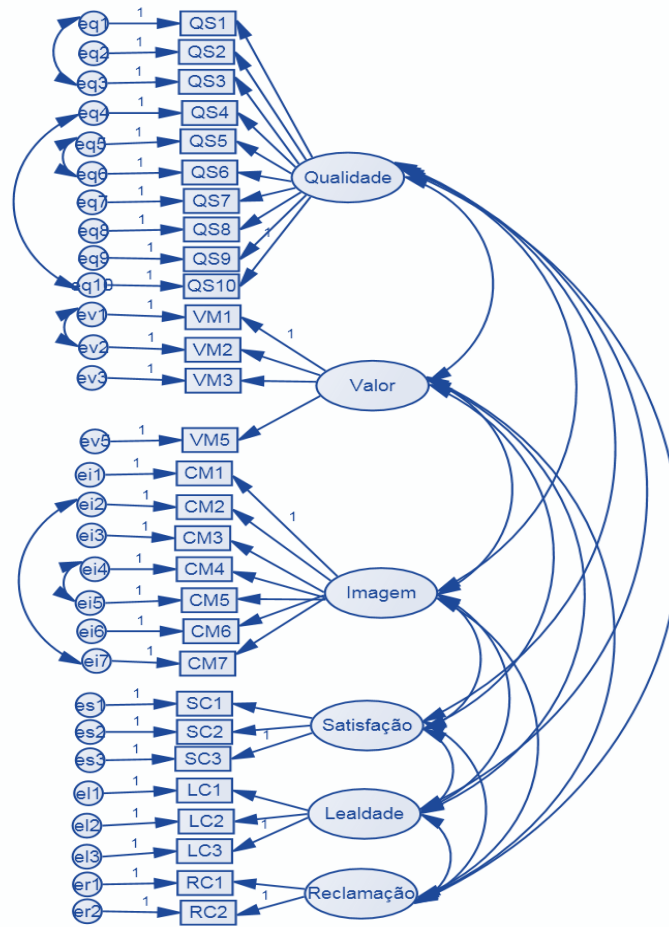
Tabela 5: Cálculo da Validade Discriminante

Correlações		Variância Extraída Média	Quadrado da Correlação Entre os Fatores	
Qualidade	Lealdade	0,60	0,60	Ok
Qualidade	Satisfação		0,54	Ok
Qualidade	Valor		0,60	Ok
Qualidade	Imagem		0,62	Nok
Lealdade	Satisfação	0,66	0,66	Ok
Lealdade	Valor		0,64	Ok
Lealdade	Imagem		0,65	Ok
Satisfação	Valor	0,81	0,66	Ok
Satisfação	Imagem		0,70	Ok
Valor	Imagem	0,68	0,60	Ok
Reclamação	Lealdade	0,67	0,27	Ok

Fonte: Os autores

Após a análise da Tabela 5 verifica-se que todas as variâncias extraídas médias são superiores ou iguais ao quadrado da correlação entre os fatores, a única exceção é a correlação entre os construtos qualidade e imagem, cujo valor não se constitui uma diferença de comparação relevante, de modo que no geral fica estabelecida a validade discriminante do modelo.

Figura 2: Análise Fatorial Confirmatória do Modelo Conceitual



Fonte: Os autores

5.2 Teste da validade do modelo fatorial

A validade do modelo fatorial foi testada através de Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para os dois grupos apresentados juntamente no modelo apresentado na Figura 2. Os seguintes índices de ajustamento foram apurados, o χ^2 , o índice de ajuste comparativo CFI, o Erro quadrático Médio Aproximado (RMSEA), com intervalo de confiança de 90%. Um bom ajustamento de bondade foi apresentado com CFI=0.90, RMSEA<0.045, simultaneamente a totalidade da amostra. Dada a sensibilidade do χ^2 ao tamanho da amostra, seu o desempenho na AFC é mais descritivo que inferencial (DIMITROV, 2010). Na nossa aplicação, os dois grupos de homens e mulheres possuem o mesmo modelo de base - o modelo da Figura 1. Em geral, os modelos de referência não são necessariamente idênticos em todos os grupos. Pode acontecer, por exemplo, que alguns construtos estejam correlacionados

com o modelo de referência para um grupo, mas não com o modelo referência para outro grupo (BYRNE, SHAVELSON e MUTHEN, 1989).

Considerando o estabelecimento da validade fatorial, pode-se prosseguir com o teste de invariância do modelo de medida para determinar se os coeficientes de cada construto tem o mesmo significância para cada grupo. Como mencionado anteriormente, a falta de invariância de medição indica a presença de funcionamento diferencial do item, ameaça deste modo, a validade dos resultados relacionados com as diferenças de significância de grupo sobre o construto.

5.3 Testes para invariância do modelo de medida entre homens e mulheres do modelo conceitual

Considerando o propósito estabelecido para este artigo, nesta fase foi realizada a verificação da invariância do modelo de medida foi realizada. O procedimento é executado através do teste do χ^2 para diferença entre os dois modelos aninhados: o modelo livre e o modelo com parâmetros fixos. As restrições de parâmetros entre grupos foram criadas em consonância com a recomendação de Byrne (2010) gerando quatro modelos:

Modelo 0 - Sem restrição (todos os parâmetros livres)

Modelo 1 - Pesos Fatoriais (pesos fatoriais iguais)

Modelo 2 - Covariâncias Estruturais (pesos e covariâncias entre fatores, iguais)

Modelo 3 - Medições dos Resíduos (pesos, covariâncias e resíduos, todos iguais)

A comparação do modelo livre com o modelo dos pesos fatoriais fixos é dada pela primeira linha da Tabela 7, que mostra os dados da saída da estatística de teste gerado pelo software AMOS para análise. Pode-se ver que o valor 23 para os graus de liberdade produziu CMIM (χ^2)=29.172; $p=0.068$. Consultando-se a tabela de Distribuição Qui-quadrado, verifica-se para um nível de significância estatística de 0,05, $\chi^2_{0.95}(23)=35.172 > 29.172$. Assim não é rejeitada a hipótese que o modelo com os pesos fatoriais fixos se ajusta tão bem quanto o modelo com os pesos fatoriais livres. Portanto fica demonstrada a invariância dos pesos fatoriais nos dois grupos. A

segunda linha do mesmo quadro compara o ajustamento do modelo livre com o modelo com o ajustamento com covariâncias fixas entre os dois grupos. Nesta linha verifica-se o valor de 44 para os graus de liberdade, CMIM=44,226 e $p=0,125$. De maneira análoga, para o mesmo nível de significância estatística temos a relação $\chi^2_{0.95}(44)=60,481 > 44,226$. Assim também não rejeitamos a hipótese de que a qualidade de ajustamento do modelo livre e do modelo com covariâncias fixas não diferem significativamente. Finalmente, a terceira linha da Tabela 7 compara o modelo livre com o modelo com os resíduos fixos. Sendo 79 o valor para os graus de liberdades (DF), foi produzido um CMIM= 61,300, $p=0,000$. Considerando a mesma significância estatística de 0,05 pode-se concluir que a qualidade de ajustamento dos dois modelos, com resíduos fixos em relação ao modelo com resíduos livres, também não é significativamente diferente, desde que é obtida a relação $\chi^2_{0.95}(79)=100,749 > 61,300$.

Tabela 7: Estatísticas da diferença de Qui-quadrado para os modelos livre e fixos

Modelo	DF	CMIN	P	χ^2	Significância
Pesos de Medidas	23	29,172	0,068	35,172	0,05
Covariâncias Estruturais	44	44,226	0,125	60,481	0,05
Erros de Medida	79	61,300	0,000	100,749	0,05

Fonte: Os autores

6. CONCLUSÃO

As questões relacionadas com equivalência de escalas de medição e os construtos correlatos, não tem recebido uma consideração relevante na pesquisa de comparação de múltiplos grupos. Nos últimos anos verifica-se o crescimento dos estudos temáticos de invariância ente múltiplos grupos baseados em estruturas de covariância. A modelagem de equações estruturais permite um recurso versátil e analítico para testes de significância em variáveis latentes. O objetivo deste artigo foi ilustrar testes de testes de invariância para análise de múltiplos grupos com variáveis latentes. A invariância do modelo de medida da satisfação dos clientes em comunicações móveis em grupos constituído de homens e mulheres foi avaliada com a aplicação do software AMOS V. 19. Em uma fase preliminar foram ajustados os modelos individualmente a cada um dos grupos e posteriormente eliminados itens que

não contribuíram para o desempenho do modelo, tendo sido este procedimento com fundamentação teórica. O modelo fatorial apresentou um bom ajustamento simultaneamente, à totalidade da amostra. A invariância do modelo de medida foi avaliada nos dois grupos por comparação do modelo livre com os modelos restritos. Foi constatado que os escores não variam, de forma significativa, em função das características específicas de gênero dos clientes, confirmando que a importância de cada construto, bem como que cada um dos seus itens reflexos, nos dois grupos, são equivalentes. Este trabalho apresenta limitações pela focalização da sua abrangência na escala do instrumento de medida devendo o procedimento descrito, ser estendido ao modelo estrutural, possibilitando uma comparação mais consistente e mais ampla a respeito dos grupos de clientes avaliados. Recomendamos ainda, como alternativa de teste para múltiplos grupos, que a realização da comparação das trajetórias entre os construtos, além das variáveis de medidas subjacentes, seja avaliada através da estatística de teste Z. Deve-se observar também que pesquisas envolvendo satisfação de clientes apresentam conclusões diferentes sobre a influência do gênero. A discordância é uma indicação que as conclusões de cada pesquisa não deve ser generalizada para todas as circunstâncias que tratam o gênero e a satisfação, devendo ensejar a realização de outros estudos que possibilitem uma ampliação de investigações sobre tais clientes.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.C. and NARUS, J.A., “**A model of distributor firm and manufacturer firm working partnerships**”, Journal of Marketing, Vol. 54, January, pp. 42-58, 1990.
- ANDREASEN A. R. **Consumer complaints and redress: What we know and what we don't know**. In E. S. Maynes (Ed.), the frontier of research in the consumer interest (675-721). Columbia, MO: University of Columbia and American Council of Consumer Interest, 1988.
- ARBUCLE, J. L. AMOS 19. Reference Guide (Computer Software) . Chicago, IL. SPSS Inc.
- ARTHUR, W.B. **Increasing Returns and the New World of Business**. Harvard Business Review, p. 100-109, July-August, 1996.
- BABIN, B.J. and GRIFFIN, M. “**The Nature of Satisfaction: An Updated Examination and Analysis**”. Journal of Business Research, Vol.41 (2), pp.127-136, 1998.
- BOLLEN. K.A. **Structural equations with latent variables**. Wiley. ISBN: 0-471-01171-1, 1989.
- BAGOZZI, R. and GOPINATH, M. and NYER, P. **The Role of Emotions in Marketing**, Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 27 (2), pp. 184-206, 1999.
- BLATTBERG, R. C., GETZ, G., THOMAS, J. S. **Customer Equity: building and managing relationships and valuable assets**. Ed. Harvard Business 2001. 228 p.
- BOLTON, R. and DREW, J. **A longitudinal analysis of the impact of service changes on Customer Attitudes**. Journal of Marketing, vol. 55, n. 1, p.1-10. 1991.
- BURNHAM, T.A., FRELS, J.K. and MAHAJAN, V., “**Consumer switching costs: a typology, antecedents and consequences**”, Journal of The Academy of Marketing, 2003
- BARICH, H. and KOTLER, P., “**A framework for marketing image management**”, Sloan Management Review, Vol. 32 No. 2, pp. 94-104, 1991.
- BOSCH VG, ENRIQUEZ FT. **TQM and QFD: Exploiting a customer complaint management system**. Int. J. Quality Reliability Manage. 22(1): 30-37, 2005.
- BOWEN E, LAWLER E. The **Empowerment of Service Workers: What Why, How and When**. Sloan Manage. Rev., 33(3): 31-39, 1992.
- BOLLEN, K.A. **Structural Equations with Latent Variables**, John Wiley, NY, 1989

BLOEMER, J., RUYTER, K. and WETZELS, M., “**On the relationship between perceived service quality, service loyalty and switching costs**”, International Journal of Industry Management, Vol. 9 No. 5, pp. 436-53, 1998.

BYRNE, B. M.. **Structural Equation Modeling with AMOS: basic concepts, applications, and programming**. 2. ed. (Multivariate Applications Series). New York: Taylor & Francis Group, 2010.

BYRNE, B.M. **Testing for multigroup invariance using AMOS graphics: A road less traveled**, Structural Equation Modeling 11, 272–300, 2004.

BYRNE B.M., SHAVELSON R.J. and MUTHEN, B. **Testing for the equivalence of factor covariance and mean structures: The issue of partial measurement invariance**, Psychological Bulletin **105**, 456–466, 1989.

CARMAN, J.M. **Consumer perceptions of service quality: an assesment of the SERVQUAL dimensions**”, Journal of Retailing, Vol. 66, Spring, pp. 33-55, 1990.

CARUANA, A. **The impact of switching costs on customer loyalty: A study among corporate customers of mobile telephony**. Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing, v. 12, n. 3, p. 256-268, March, 2004.

CHAUDHURI, A. and HOLBROOK, M.B. “**The chain effects from brand trust and brand affect to brand performance: the role of brand loyalty**”, Journal of Marketing, Vol. 65, April, pp. 31-93, 2001. Science, Vol. 31 No. 2, pp. 109-26, 2003.

CODY, K. and HOPE, B. “**EX-SERVQUAL: an instrument to measure service quality of extranets**”, Proceedings of the 10th Australasian Conference on Information Systems, Wellington, 1-3 December, p. 207, 1999

CURASI, CAROLYN F.; KENNEDY, KAREN N. **From prisoners to apostles: a typology of repeat buyers and loyal customers in service businesses**. The Journal of Services Marketing, v. 16, n. 4, p. 322-341, 2002.

DAY, G S. **A Two-Dimensional Concept of Brand Loyalty**. Journal of Advertising Research, v. 9, n. 3, p. 29-35, 1969.

DAY, G S. **A empresa orientada para o mercado: compreender, atrair e manter clientes valiosos**. 1ª. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HOLAND P.W e WAINER H. **Differential Item Functioning**, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1993

DIMITROV D.M. **Comparing groups on latent variables: A structural equation modeling approach**, 2006.

DONEY, P.M. and CANNON, J.P. “**An examination of the nature of trust in buyer-seller relationships**”, Journal of Marketing, Vol. 61, April, pp. 35-51, 1997.

ECSI Technical Committee : **“European Customer Satisfaction Index: Foundation and Structure for Harmonized National Pilot Projects”**. Report prepared for the ECSI Steering Committee, Oct. 2000

EHRENBERG, A.S.C., **Repeat Buying: Facts, Theory and Applications**, Oxford University Press, Oxford, 1988.

ERDEM, T., LOUVIERE, J. and SWAIT, J. **“The impact of brand credibility on consumer price sensitivity”**, International Journal of Research in Marketing, Vol. 19, pp. 1-19. Antecedents of customer loyalty 923, 2002.

ETZEL, M.J., STANTON, W.J. and WALKER, B.J., **Marketing**, McGraw-Hill, New York, NY, 1997.

FRANK, R. E. **Correlates of Buying Behavior for Grocery Products**. Journal of Marketing, p. 48-53, October, 1967.

FISHBEIN, M. and AJZEN, I., **Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introducing to Theory and Research**, Addison-Wesley, Reading, MA, 1975.

FOURNIER, S. and YAO, J.L., **“Reviving brand loyalty: a conceptualization within the framework of consumer-brand relationships”**, International Journal of Research in Marketing, Vol. 14 No. 5, pp. 451-72, 1997.

FORNELL, C., **A national customer satisfaction barometer: The Swedish experience**. Journal of Marketing, Vol..56, pp 6-21, 1992.

FORNELL C., LARCKER, D. F. **Evaluating SEM with Unobserved variables and measurement error**. Journal of Marketing Research, 18, 39-50. 1981.

FORNELL, C., JOHNSON, M.D., ANDERSON, E.W., CHA, J., BRYANT, B.E. **The American customer satisfaction index: nature, purpose, and findings**. J Mark 1996; 60(4):7–18.

GRIGOROUDIS, E. & SISKOS, Y. **Customer Satisfaction Evaluation – Methods for Measuring and implementing Service Quality**. 1^o ed. Spring, New York, 2010.

GANESAN, S. **“Determinants of long-term orientation in buyer-seller relationships”**, Journal of Marketing, Vol. 58, April, pp. 1-19, 1994

GHOSH, M., JOHN, G. **Governance Value Analysis and Marketing Strategy**. Journal of Marketing, Special Issue, p. 131-145, 1999.

GRONROOS, C., **Service Management and Marketing: Managing the Moments of Truth in Service Competition**, Lexington Books, Lexington, MA, 1990.

HAIR, Jr., J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., & Anderson, R. E. **Análise Multivariada de Dados** (6^o ed.). São Paulo: Bookman (8), 2009.

HALSTEAD, D., HARTMAN, D. and SCHMIDT, S. **“Multisource Effects on the Satisfaction Formation Process”**, Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 2, pp. 114-129, 1994.

HANSEMARK O.C, ALABINSSON M. **Customer Satisfaction and Retention: The Experiences of Individual Employees**. Manage. Serv. Quality, 14 (1): 40-57, 2004.

HUNT, J.D. (1975). **“Image as a factor in tourism development”**. Journal of Travel Research, 13(3) (Winter), 1-7, 1975.

GRONROOS, C. **Marketing Gerenciamento e Serviços**. 5^a ed. Rio de Janeiro:Campus, 1993.

GRONROOS, C. **From marketing Mix to Relationship Marketing – Towards a Paradigm Shift in Marketing**, Management Decision ,1997. 35/4, pp-322-339

GUNDLACH, G.T. and MURPHY, P.E., **“Ethical and legal foundations of relational marketing exchanges”**, Journal of Marketing, Vol. 57, October, pp. 35-46, 1993.

JACKSON, B.B., **Winning and Keeping Industrial Customers**, Lexington Books, Lexington, MA, 1985.

JOHNSON, M.D., GUSTAFSSON, A., ANDREASSEN, T.W., LERVIK, L. and CHA, J., **“The evolution and future of national customer satisfaction index models”**, Journal of Economic Psychology, Vol. 22, pp. 217-45, 2001.

JONES, M.A., BEATTY, S.E. and MOTHERSBAUGH, D.V., **“Why customers stay: measuring the underlying dimensions of services switching costs and managing their differential strategic outcomes”**, Journal of Business Research, Vol. 55, pp. 441-50, 2002.

JÖRESKOG, K. G., & SÖRBOM, D. **Recent developments in structural equation modeling**. Journal of Marketing Research. 1982.

JÖRESKOG, K.G.; WOLD, H. **The ML and PLS techniques for modeling with latent variables**. In Systems Under Indirect Observation, Amsterdam: North-Holland, 1982.

KLEMPERER, P. **“Competition when consumers have switching costs: an overview with applications to industrial organization, macroeconomics and international trade”**, Review of Economic Studies, Vol. 62, pp. 515-39. 1995.

KLEMPERER, P., **“Markets with consumer switching costs”**, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 102, pp. 376-94, 1987.

LAM, S. Y.; SHANKAR, V.; ERRAMILLI, M. K.; MURTHY, B. **Customer Value, Satisfaction, Loyalty, and Switching Costs: An Illustration From a Business-to-Business Service Context**. Journal of the Academy of Marketing Science, v. 32, n. 3, p. 293-311, 2004.

LARSON, R.; FABER, B., 2010, **Estatística Aplicada**. 4ª Ed. São Paulo: Pearson. 2010. 638p.

LAU, G. and LEE, S. **“Consumers’ trust in a brand and link to brand loyalty”**, Journal of Market Focused Management, Vol. 4, pp. 341-70, 1990.

LEJUNE, M. A. P. M., **Measuring the impact of data mining on churn management. Internet Research: Eletronic Networking Applications and policy**, v. 11, n.5, p. 375-387.

LISBOA J.V., AUGUSTO M. G. e FERREIRA P.L., **Estatística Aplicada à Gestão** . Ed. Vida Econômica,2012)

MACINNIS, D.J. and PRICE, L.L., **“The role of imagery in information processing: review and extensions”**, Journal of Consumer Research, Vol. 13, pp. 473-91, 1987.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: foco na decisão**. 3a ed. São Paulo: Perarson Prentice Hall. 2011.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva. Criando e Sustentando um desempenho de valor**. Ed Saraiva. 1998.

MARÔCO, J.. **Análise de Equações Estruturais: fundamentos teóricos, software & aplicações**. Report Number: Portugal, 2010.

MENDES, Evandro Luiz **Dissertação (mestrado em Engenharia Elétrica)** – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MEREDITH W. **Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance, Psychometrika** 58, 525–543, 1993.

MORGAN, R.M. and HUNT, S.D., **“The commitment-trust theory of relationship marketing”**, Journal of Marketing, Vol. 58, July, pp. 20-38, 1994.

MOUTINHO, L., GOODE, M. **Gender effects to the formation of overall product satisfaction: A multivariate approach**. Journal of International Consumer Marketing, 8, 1, (1995). 71-91.

MOWEN, J. E MINOR, M. **Comportamento do Consumidor**. São Paulo Prentice Hall 2003.

NGUYEN, N. and LEBLANC, G., **“Corporate image and corporate reputation in customers’ retention decisions in services”**, Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 8, pp. 227-36, 2001.

OLIVER, R. L. **A Cognitive model of the antecedents and consequents of satisfaction decision**. Journal of Marketing Research, .vol.17, 1980, pp.460-469.

OLIVER, R.L. **Cognitive, affective, and attribute bases of the satisfaction response**. Journal of Consumer Research, 20 (December), 1996, pp. 418-30.

OLIVER, R. L. **Theoretical bases of consumer satisfaction research: review, critique, and future directions.** In: Lamb JR., C. W.; Dunne, P. M. Theoretical developments in marketing. Chicago, IL : American Marketing Association, 1997. p. 206-210. Satisfaction: a behavioral perspective on the consumer. New York : McGraw-Hill. (10)

OLIVER, R. L. **A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction.** J Mark Res 1980;17(4):460–9.

OLIVER, R. L.& DESARBO, W. S. **Response determinants in satisfaction judgments.** Journal of Consumer Research. v. 14, 1998. pp. 495-507, Mar. (4)

ODIN, Y., ODIN, N. and FLORENCE, P.V, “**Conceptual and operational aspects of brand loyalty an empirical investigation**”, Journal of Business Research, Vol. 53, pp. 75-84, 2001.

OYEWOLE, P. **Consumer's sociodemographic characteristics and satisfaction with services in the airline industry.** Services Marketing Quarterly, 23, 2. 61, 2001.

PALMER, A. **Principles of Services Marketing**, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, NY, 1998.

PARASURAMAN, A, L. BERRY and V. ZEITHAML. **A Conceptual Model of Service Quality and its Implications for Future Research**, Journal of Marketing, 49, Fall, pp. 41-50, 1985.

PARASURAMAN, A, L. BERRY and V. ZEITHAML. **Research Note: More on Improving Service Quality Measurement**, Journal of Retailing, 69, 1, pp. 140-147, 1993.

PERILLO, R. D. e TRÓCOLLI B. T. **Seria o gênero uma variável discriminante na avaliação da satisfação de clientes? Um estudo com modelagem por equações estruturais.** rPOT.V8.Nº1. p.73-91, 2008.

REICHHELD, F. **Loyalty-Based Management.** Harvard Business Review, v.71, n.2, p.64-73, 1993.

RODGERS, S., HARRIS, M. **A Gender and e-commerce: an exploratory study.** Journal of Advertising Research, 43, 3, 322-329, 2003.

SHARMA, N. and PATTERSON, P.G., “**Switching costs, alternative attractiveness and experience as moderators of relationship commitment in professional consumer services**”, International Journal of Service Industry Management, Vol. 11 No. 5, pp. 470-90, 2000.

SHY, O., “**A quick and easy method for estimating switching costs**”, International Journal of Industrial Organization, Vol. 20, pp. 71-87, 2002.

SPRENG, R. A.; MACKENZIE, S.B. and OLSHAVSKY, RICHARD W. **A reexamination of the determinants of consumer satisfaction.** Journal of Marketing, v. 60, 1996.

STEPHENS N, GWINNER K. **Why don't some people complain?** A cognitive-emotive process model of consumer complaint behavior, J. Acad. Mark. Sci., 26(3): 172-189, 1998.

TABACHNICK, B. FIDELL, L. **Using multivariate statistics.** 5 Ed. Allyn and Bacom, 2007. New York.

TEBOUL, J. **Gerenciando a dinâmica da qualidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995

TSE, D. & WILTON, P., **"Models of Consumer Satisfaction Formation: an Extension"**, Journal of Marketing Research, Vol. 15, pp. 204-212, 1988.

YUILLE, J.C. and CATCHPOLE, M.J., **"The role of imagery in models of cognition"**, Journal of Mental Imagery, Vol. 1, pp. 171-80, 1977.

VENETIS, K.A. and GHAURI, P.N. **"The importance of service quality on customer retention: an empirical study of business service relationships"**, Proceedings of the Marketing in a Global Economy Conference, Buenos Aires, June 28-July 1, pp. 215-224 2000.

VERHOEF, Peter C. **Understanding the Effect of Customer Relationship Management Efforts on Customer Retention and Customer Share Development.** Journal of Marketing, v. 67, p. 30-45, October, 2003.

WESTBROOK, R. & REILLY, M., **"Value-Percept Disparity: An Alternative to the Disconfirmation of Expectations Theory of Consumer Satisfaction"**, Advances in Consumer Research, Vol. 10, pp. 256-61, 1983.

WESTBROOK, R. A. **Product/consumption-based affective responses and post purchase processes.** Journal of Marketing Research, v. XXIV, p. 258-270, Aug, 1987.

WESTBROOK R.A, FORNELL C. **Durable goods buyer purchase information.** J. Mark. Res., 16: 303-312, 1979.

ZEITHAML, V.A., **"Consumers' perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence"**, Journal of Marketing, Vol. 52, July, pp. 2-22, 1988.

ZEITTHAML V. E BITNER M. **Marketing de Serviços: A empresa com foco no cliente.** Ed. Porto Alegre. Bookman .2003

ZEITHAMAL A, PASURAMAN A, BERRY L. **Delivering Quality Service: Balancing Customer Perceptions and Expectations.** New York: The Free Press Division of Macmillan, Inc, 1990.

ZEITHAML, V., PARASURAMAN, A, L. BERRY. **The Behavioral consequences of service quality.** Journal of Marketing, v.60, Apr.1996.

CAPÍTULO 07

NON IONIZING RADIATION IN URBAN AREAS: MODELING OF ELECTRIC FIELD INTENSITY FROM TV BROADCASTING USING MULTIVARIATE STATISTICS REGRESSION

Fred Sizenando Rossiter Pinheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN – Brasil
E-mail: fredrossiter@uol.com.br

Guttembergue Soares da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN – Brasil
E-mail: guttembergue@gmail.com

Marcio Eduardo da Costa Rodrigues

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN – Brasil
E-mail: mecrodriques@gmail.com

André Pedro Fernandes Neto

Universidade Federal Rural do Semiárido, RN – Brasil
E-mail: andrepedro@ufersa.edu.br

Abstract: The Electric Field Intensity is one of the fundamental parameters to assess the exposure of human beings to Non-Ionizing Radiation (NIR). Although the major concern of environmental control bodies is with mobile telecommunication systems, this work highlights the attention which should also be given to the radiation emitted by television broadcast towers, which utilize higher power levels with continuous emissions. Measurements of downlink far electric field intensity with frequency ranging from 30 MHz to 3 GHz were made in a survey of 160 outdoor points spread across all the 170 km² area of Natal (a city of about 853.000 inhabitants in northeast Brazil). The results obtained indicate that in 73.6% of the sampled outdoor points, the highest downlink electric field intensities measured were originated from TV broadcasting services, compared to 20.1% from Mobile Systems Towers, 6.3% from Frequency Modulated Broadcasting and 0% from WLAN (IEEE 802.11bg). Based on these findings, a model is presented to estimate the intensity of the mean electric field at any given point of the city's urban area generated by TV radiation emissions at VHF and UHF bands. Four distinct areas of the city were considered, basically adjusted to the azimuths related to the main tower concentration place. The modeling was done using the Statistical Multivariate Regression technique, the Electric Field Strength was the dependent variable, the independent variables were the Distances of points to the transmission towers. Database was used with samples of measured values of Electric Field and their Distances to the TV transmission towers. The solution reached to estimate the electric field can be adapted for use in other cities. Detailed mapping of the electric field intensities may ensure better preventive conditions to monitor the degree of NIR exposure in each area and simplify evaluation procedures for the licensing of telecommunication stations.

Keywords: Non-Ionizing Radiation ; Statistical Multivariate Regression Technique
Radio Frequency Electromagnetic Fields (RF-EMF); Electromagnetic Pollution in
Urban Areas; TV Broadcasting; Measurement of Radio Frequency Radiation;
Propagation in Urban Areas.

1. INTRODUCTION

In Brazil, the Federal Law 11.934/2009 sets the limits of human exposure to electric, magnetic and electro-magnetic fields, associated with the functioning of radiocommunication transmitting stations, user terminals, and electric power systems at frequency bands ranging from 9 KHz to 300 GHz, seeking to ensure protection of human and environmental health (ANATEL,2002). The Brazilian norms follow the recommendations of the ICNIRP (InternationalComission on Non-IonizingRadiation), an organization recognized by the WHO (World Health Organisation). The major concern of environmental control bodies with regard to Non-Ionizing Radiation has been translated into the requirement of previous licensing for the establishment of Mobile Systems Base Stations, but there are other relevant sources of NIR (Non-Ionizing Radiation). Other services, such as TV and Radio Broadcasting, also contribute to the exposure to NIR (WHO, 2002).

In December 2019, there were 226.6 million mobile accesses functioning (not including iPads and similar gadgets), which correspond to 107.4 accesses in operation for every 100 inhabitants (TELECO, 2020). According to the data provided by ANATEL, the city of Natal (the capital of the state of Rio Grande do Norte), in November 2015, possessed a total of 882 Mobile Systems Radio Base Stations, 18 open TV Stations, 17 FM Radio Stations, 6 MW (MediumWave) AM Radio Stations. Experiments designed to study the interaction of electromagnetic fields and radiation with biological systems and the possible effects of such fields on the system can be divided into three categories: (1) in vitro biological experiments, (2) in vivo animal experiments, and (3) laboratory or epidemiological studies on humans (LIN, J.C., 2016).

The scientific knowledge about the effects on human health of the exposure to electro-magnetic fields is considerable and based on a vast number of epidemiological studies (FRIEDMAN, J.K. et al., 2004).

Heating is the main biological effect caused by the non-ionizing radiation. The levels of exposure due to the fields generated by radio stations normally are below the limits that could cause significant heat. The present debate is centred on whether long-term, low level exposure below the exposure limits can cause adverse health effects or influence people's well being (WHO, 2002, AESS, 2020).

Many health outcomes ranging from reproductive defects to cardiovascular and neurodegenerative diseases have been examined, but the most consistent evidence to date concerns childhood leukemia on low frequency (ELF-EMF) fields exposition. On the basis of statistical associations observed in epidemiology, the International Agency for Research on Cancer (IARC) in 2002 ranked the ELF-EMF in category 2B: possible carcinogen for humans (IARC, 2020).

Studies demonstrated that microwaves emitted from the cell phone, i.e. RF-EMW, do not produce thermal effect at specific absorption rate (SAR) of 1.6 Watts/kg. However, researchers have demonstrated that RF-EMW from commercially available cell phones have non-thermal effects. The literature contains controversial reports on the effects of RF-EMW on mitochondria, apoptosis pathway, heat shock proteins, free radical metabolism, cell differentiation, DNA damage and the plasma membrane (IARC, 2020). Capri et al. (2004), demonstrated that exposure at a frequency of 900 MHz was associated with a significant growth in annexin-positive human lymphocytes. Friedman et al (2004) proved that NIR may lead to carcinogenesis. This work aims to highlight the attention which should also be given to the radiation emitted by television (TV) broadcast towers, which utilize higher power levels with continuous emissions.

2. METHODS AND MATERIALS

2.1 Modelling of the Electric Field generated by TVs

Considering the finding that the greatest contribution to electromagnetic pollution in the city of Natal stems from the radiation emitted by the TV stations, and that, unlike the radiation emitted by the cellular stations, and that, there is a considerable variation in the intensity resulting from the stations TV in different areas of the city, a model was developed to better characterize the variation of this intensity. The main objective of this modeling is to allow the extrapolation of probable average values of Electric Field Intensity anywhere in the urban area of Natal.

The logic flowchart in Figure 1 illustrates the sequence to be adopted, where the four equations can be applied to estimate the Electric Field Intensity in relation to the area where the point is located.

The modelling for the calculation of the Electric Field Intensities using the Multivariable Regression technique is an instrument that can be useful for mapping the electromagnetic non-ionizing radiation in urban areas. Possession of this tool may allow better preventive conditions for environmental control bodies to monitor the degree of radiation to which the population is exposed so as to authorize or limit new developments in each part of the city.

The identification of the areas with the highest intensities of radiation also allows for the rational implementation of more frequent monitoring, thus ensuring more reliable preventive data.

In an open space propagation environment, the Electric Field Intensity (farfield) generated by the radiation emitted by a transmitter is related to the Power RF received using the equation 1 (LIN, J.C., 2016).

$$P_r(d) = \frac{|E|^2 G_r \lambda^2}{480\pi^2} W \quad (1)$$

E: Electric Field Intensity

Pr: RF Power received.

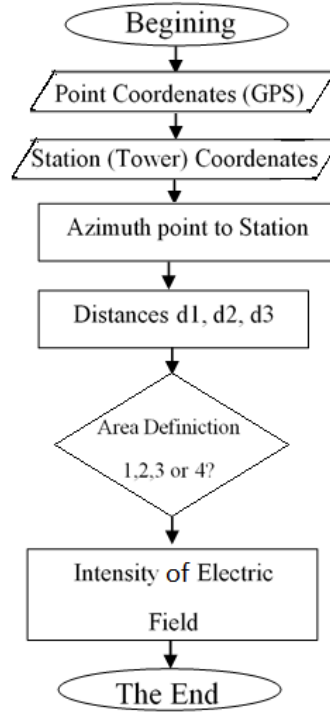
G_r: Gain of the receiving antenna.

λ: Wave Length.

The mean RF Power in environments with obstruction can be represented by the equation 2 (CAPRI. M. et al, 2004).

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{\gamma}{d^n} \quad (2)$$

Figure 1: Logic flowchart for the estimate of the Electric Field generated by TV stations



Source: The Authors

In an open space propagation environment, the Electric Field Intensity (farfield) generated by the radiation emitted by a transmitter is related to the Power RF received using the equation 1 (RAPPAPORT, 2008).

$$P_r(d) = \frac{|E|^2 G_r \lambda^2}{480\pi^2} W \quad (1)$$

E: Electric Field Intensity

Pr: RF Power received.

G_r: Gain of the receiving antenna.

λ: Wave Length.

The mean RF Power in environments with obstruction can be represented by the equation 2 (HAYKIN, S., MICHAEL M., 2008).

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{\gamma}{d^n} \quad (2)$$

In equation 2, γ represents the loss in relation to the frequency, the height of the antenna and other factors. The exponent n is the mean attenuation factor in the path.

Pt is the output power effectively radiated by the transmitter in a given direction. In relation to equations (1) and (2), and considering Gr=1 (Electric Field Intensity in a given point without the influence of the receiving antenna). The Tabel 1 shows the Path loss exponent n for different environments (HAYKIN, S., MICHAEL M., 2008)

$$|E| = \frac{21.9}{d^{\frac{n}{2}}} \sqrt{\gamma P_t} \quad (3)$$

Table 1: Path loss exponent n for different environments

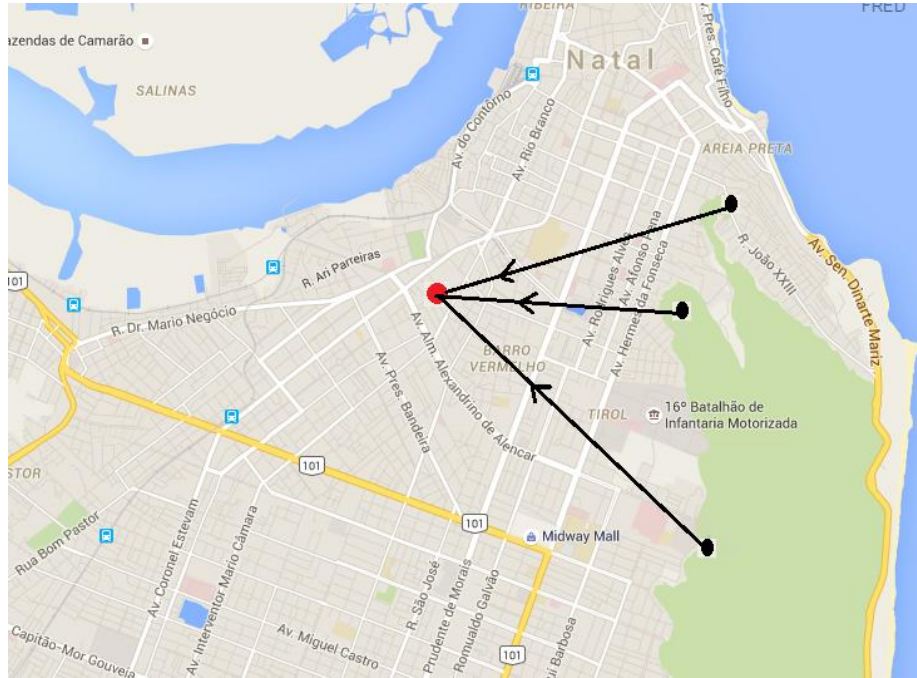
Environment Path loss exponent	n
Free Space	2
Rural Area(plain)	3
Rural Área (mountainous)	3.5
SuburbanÁrea (plain)	4 to 6
Dense Urban Área(tall buildings)	4.5

Source: Haykin and Michael, 2008

The intensity of the eletro-magnetic field generated by TVs in any given point in the city will be the result of the vectorial sum of the fields generated from the 3 locations that concentrate all TV transmitters in town (figure 2).

The Electric Field Intensity generated by 18 TVs anywhere in the city will be the result of the vectorial sum of the fields generated from the 3 Sites, where all TV transmitters in the city are concentrated. The 18 TV Broadcasting Towers in Natal are found in 3 areas (Sites 1, 2 and 3) located in the East side of the city. The Electric Field Intensity generated by TVs at any given point in the city is the result of the vector sumof the generated fields of the 3 Sites, as shown in Figure 2. This calculation, strictly following the Theory of Electromagnetism, becomes difficult due to the difficulty in finding precise data on buildings, trees, variations of terrain relief, automobile traffic, circulation of people and powers effectively radiated along each RF propagation line.

Figure 2: Location of the TV Broadcasting Towers in the city of Natal (Sites 1, 2 e 3) and illustration of the incidence of the Electric Field Intensity produced by TVs at a given point in the urban area.



Source: The Authors

The Total Electric Field Intensity at any given point in Figure 2 is obtained from the equation (3).

$$|E|_t = \sum_{i=1}^3 \frac{21.9\sqrt{\gamma P_{ti}}}{d_i^{n/2}} \quad (3)$$

$|E|_t$: Total electric field data given point (V/m), P_{ti} : Effectively Radiated Power by transmitter from Site i towards the point located at a distance d_i . The Powers P_{ti} depend mainly on the effective power of each transmitter and on the radiation pattern of each antenna. The calculation of the Electric Field Intensity directly using equation (3) at a given point of an urban area is quite imprecise due to the difficulty in obtaining correct data on the characteristics of the obstacles, terrain relief, presence of automobiles and RF powers effectively transmitted in each direction by each antenna. These factors influence the values of n and P_{ti} in each direction of propagation.

The TV transmitters in the city of Natal operate with a maximum Effectively Radiated Power (maximum ERP) between 14.87 KW and 102.63 KW (data provided

by ANATEL), with the utilization of antennas with horizontal polarization. The figures 3A, 3B and 4 show the main open TV Broadcasting Towers in Natal.

Figure 3: A-Towers in Mãe Luiza Hill – B-Tower in Parque das Dunas



Source: The Authors

Figure 4: TV Broadcasting Towers alongside Mobile Systems and FM Radio Towers



Source: The Authors

The Total Electric Field Intensity at any given point in Figure 2 is obtained from the equation (3).

$$|E|_t = \sum_{i=1}^3 \frac{21.9\sqrt{\gamma P_{ti}}}{d_i^{n/2}} \quad (3)$$

$|E|_t$: Total electric field data given point (V/m), P_{ti} : Effectively Radiated Power by transmitter from Site i towards the point located at a distance d_i . The Powers P_{ti} depend mainly on the effective power of each transmitter and on the radiation pattern of each antenna. The calculation of the Electric Field Intensity directly using equation (3) at a given point of an urban area is quite imprecise due to the difficulty in obtaining correct data on the characteristics of the obstacles, terrain relief, presence of automobiles and RF powers effectively transmitted in each direction by each antenna. These factors influence the values of n and P_{ti} in each direction of propagation.

For the modelling of the equation which gives us the Electric Field Strength, the following general expression was used (4)

$$|E|_t = \beta_0 + \beta_1 d_1^{\frac{-n}{2}} + \beta_2 d_2^{\frac{-n}{2}} + \beta_3 d_3^{\frac{-n}{2}} + \beta_4 d_4^{\frac{-n}{2}} + \dots + \beta_k d_k^{\frac{-n}{2}} \quad (4)$$

There are 20 TV Broadcasting Stations in Natal. 12 of the transmitters are located in the same area of dunes called Morro do Tirol in the East side of the city. The 8 other transmitters are grouped in 2 other areas also in the East portion of the city. Thus, although there are 20 transmitters, it is possible to simplify equation (4) and make $k=3$. Equation 5 illustrates this simplification.

$$|E|_t = \beta_0 + \beta_1 d_1^{\frac{-n}{2}} + \beta_2 d_2^{\frac{-n}{2}} + \beta_3 d_3^{\frac{-n}{2}} \quad (5)$$

For the application of the Regression technique, the independent multivariables are the distances of each point from the radiation transmitting stations. The identification and location of these were done according to ANATEL's official records.

The coefficients β_i were obtained using the Multivariable Regression technique considering 160 samples of electric field intensity measurements (V/m) at several points in the urban area of Natal-RN. A database was created from the coordinates of each point, the Electric Field Intensity measurements, and the distances to the TV Broadcasting Towers. The estimated coefficients generate the lowest mean squared error of the equation (5) in relation to the measurements performed.

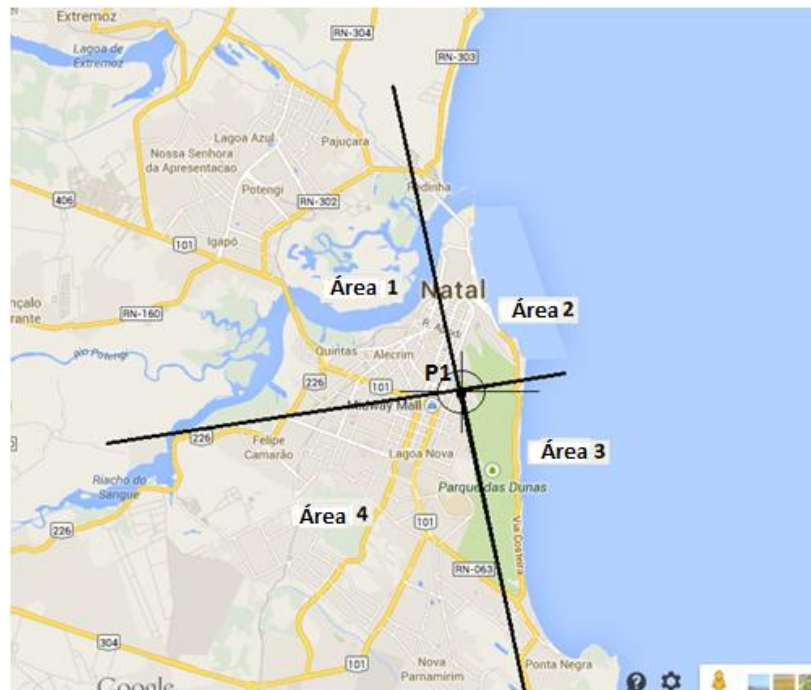
The quality analysis of the adjustment was made using the coefficient of determination R^2 and p -value. The evaluation of the results took into consideration the

statistical collinearity and made sure that the errors showed a distribution near the Normal Curve (ARANGO, H.G., 2009).

In order to minimize the differences in urbanization and terrain relief, the modelling process was applied separately for the four distinct areas of the city. These areas were defined according to their azimuths in relation to the main TV tower concentration site, as shown in Figure 5. Thus, each area may present distinct ERP and attenuation exponent n values. The Table 2 shows delimitation of the four areas for the application of statistical modelling created based on information on emitted power was estimated based on the antennas radiation diagrams registered at ANATEL.

The point (P1) of highest concentration of TV Towers in the city, the dunes in Morro do Tirol, has the following geographic coordinates: Latitude (05° 0' 46" S) and Longitude (35° 12' 00" W).

Figure 5: Four chosen areas for the modelling of the Electric Field Intensity in the city of Natal



Source: The Authors

Table 2: Delimitation of the four áreas for the application of statistical modelling

AREA	AZIMUTHS	% RF POWEREMITTED IN DIRECTION
Area1	252 to 342 degrees	28
Area2	342 to 72 degrees	24
Area3	72 to 162 degrees	18
Area4	162 to 252 degrees	29

Source: The Authors

2.2 Procedures for Field Measurements

In order to measure the intensity of the electric field emitted by the existing towers and projected onto the population (downlinks), the Services and Frequency Bands object of this study were established according to Table 3. Thus, the measurements were carried out in four distinct groups: Mobile Telecommunication Systems, Television, FM Radio, and IEEE 802.11 Systems (WLANs - Wireless Local Area Networks). In each of the groups, the readings were performed with measurements that captured all the different sources (packages) operating simultaneously in their respective global frequency bands.

Table 3: Frequencies and Services measured

Frequency Band (MHz)	Service
88-108 MHz	Rádio FM Broadcast
54-72 (VHF Channels 2-4)	TV Broadcast
76-88 (VHF Channels 5-6)	
174-216 (VHF Channels 7-13)	
470-890 (UHF Channels 14-69)	
824-960	Mobile Systems (2G e 3G)
1805-1890	
1975-2165	
ISM 2400 MHz band (<i>non- overlapping channels 1,6 and 11</i>)	WLAN (IEE 802.11bg)

Source: The Authors

During the period comprising the execution of the measurements, 882 Mobile Systems Base Stations, 23 stations operating in Frequency Modulation (FM) and 18 TV broadcasting transmitters were registered, a total of 939 stations (ANATEL, 2019).

The measurements of Electric Field Intensity were performed using the following equipment and accessories: an isotropic probe with a frequency range from 30 MHz to 3 GHz (directivity close to unity in linear scale), a wooden tripod (1.65 m), a Rohde & Schwarz FSH6 spectrum analyzer; a GPS and a notebook computer. The notebook ran

proprietary software by R&S to communicate with the Spectrum Analyzer. Table 4 summarises the settings of the measurement packages.

The features adopted in the measurements are : composition in quadratic fields; polarization through three-axis probe, with measurement in three axes. Short-length cable set, Trace Mode / Detector: Max Hold / RMS.

Table 4: Settings adopted in the measurement packages

Services / Parameters	FM Radio	IEEE 802.11 b/g	TV	2G Mobile (GSM)	3G Mobile (UMTS)
Video BW	-	-	Auto	-	-
Dwell time	50 ms	5000 ms	50 ms	1000 ms	50 ms
BW for each central frequency	200 kHz	22 MHz	6 MHz	200 kHz	5MHz

Source: The Authors

The measurements were performed between 10:00 a.m. and 12:30 a.m. and 3:00 a.m. and 7:30 p.m., in far-field zone in 160 outdoor points covering all districts. Only the downlink emissions were measured. Figure 6 show the distribution of the points where the measurements took place. In some uninhabited areas of dunes and mangroves, access for the measurements was not possible.

At each point, the Total and PerServiceElectric Field Intensities were measured and recorded. Using a GPS, it was also possible to verify the geographic coordinates which allowed the identification of the Distances in relation to the transmitting towers.

Figure 6: Location of the 160 points where the measurements of Electric Field Intensities were carried out in the city of Natal-RN



Source: The Authors

The measurement packets of the software were adjusted according to Rhode & Schwartz User-Manual Instructions: dwell time was adjusted in 50 milliseconds for TV and FM radio, 1 second cyclically over 6 minutes, 13 times each point for GSM /UMTS, and 5 seconds for IEEE 802.11b/g. The RMS mean was computed automatically by the instrument considering all loops. The radio broadcasting services normally present little variation, as opposed to mobile telecommunication systems. The Figure 7 A and B shows the instruments used in the measurements.

Figure 7A–FSH6 Spectrum Analyzer and antenna used Figure 7B–Measurement in a public square.



Source: The Authors

The measurements of Electric Field Intensity indicated that the service with the greatest contribution in the urban area of the city of Natal is the TV. Table 5 shows a comparative summary of the measurements obtained. In 77.2% of the measured points, the NIR from TV Towers were higher than the other services tested.

Table 5: Summary of Electric Field Intensity Measurements

Service	Mean (V/m)	Highest values (V/m)	% of highest values
TV Broadcasting	5.14E-01	4.18E+00	77.2
Mobile Systems (2G / 3G)	3.79E-01	4.19E+00	13.0
FMRadio	2.15E-01	1.35E+00	9.8
WLAN (IEE 802.11bg)	1.85E-01	2.24E-01	0.0

Source: The Authors

3. RESULTS

The application of equation 5 to several points in an urban area in which measurements were made resulted in characteristic error equations that relate the values actually measured with those calculated based on the model developed, as explained in (PINHEIRO, 2015). Multivariate regression processes the above model in search of parameters β_0 , β_1 , β_2 and β_3 that enable the minimum square error. This processing is done from the partial derivatives of the quadratic errors. The quality analysis of the adjustment was made based on the determination coefficient R^2 (Hair et al., 2005), the critical evaluation of the results took into account aspects of statistical

collinearity, and it was also verified that the errors had a distribution close to the Curve Normal.

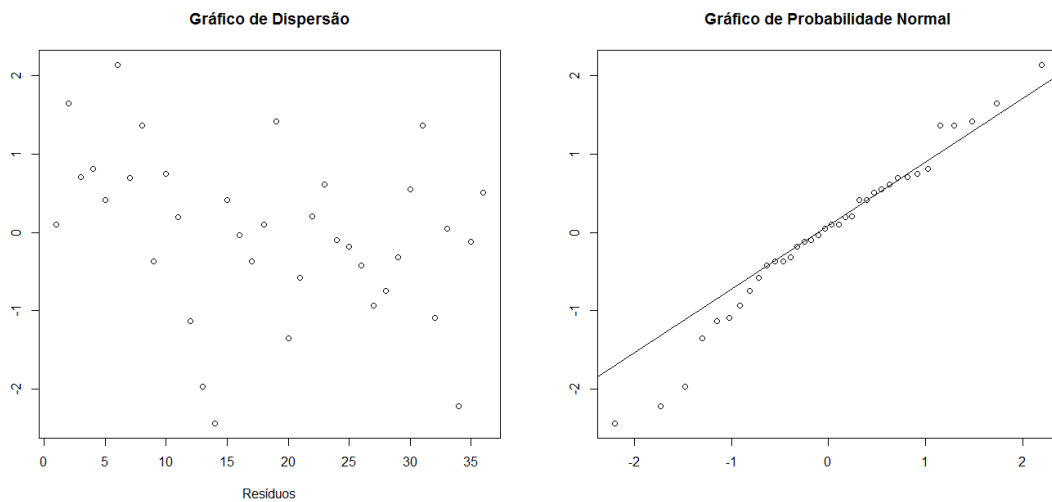
Table 6 indicates the best results obtained for the β coefficients using the software R (R Development Core Team, 2015). For each area, attenuation exponents of propagation (n) between 2.2 and 3.0 were tested. The table shows the values of n that provided the best R² values. In all cases, the values of p < 0.02 were excluded: 1 outlier point in area 3 and 2 outlier points in area 1.

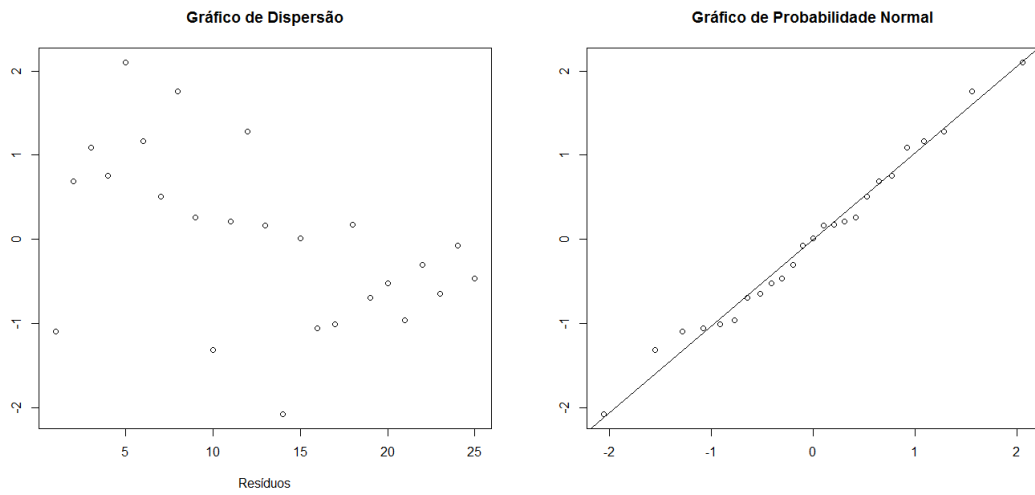
Table 6: Summary of Results Obtained for the Coefficients using Regression Method and the Multivariable Data Analysis – Best Results

Area	β_0	β_1	β_2	β_3	n	R ²
1	0.1771	1.4838	0.3869	0	2.6	0.998
2	0.1323	0.9714	0.5095	0.4280	3.4	0.999
3	0.0279	2.0840	0	0	3.8	0.997
4	0.179	1.7327	0.3743	0	3.0	0.923

Source: The Authors

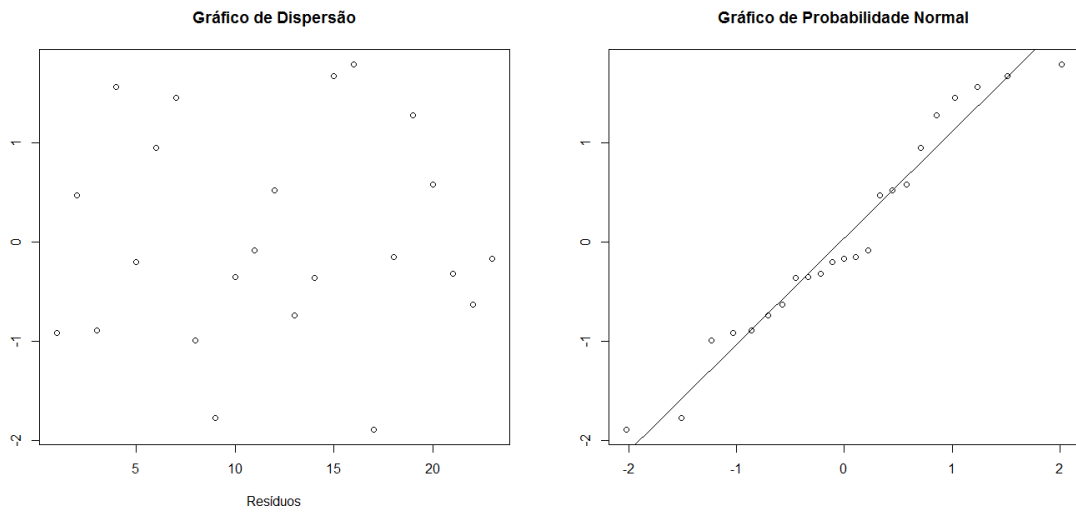
Figure 8: Residual analysis for the best result in area 1





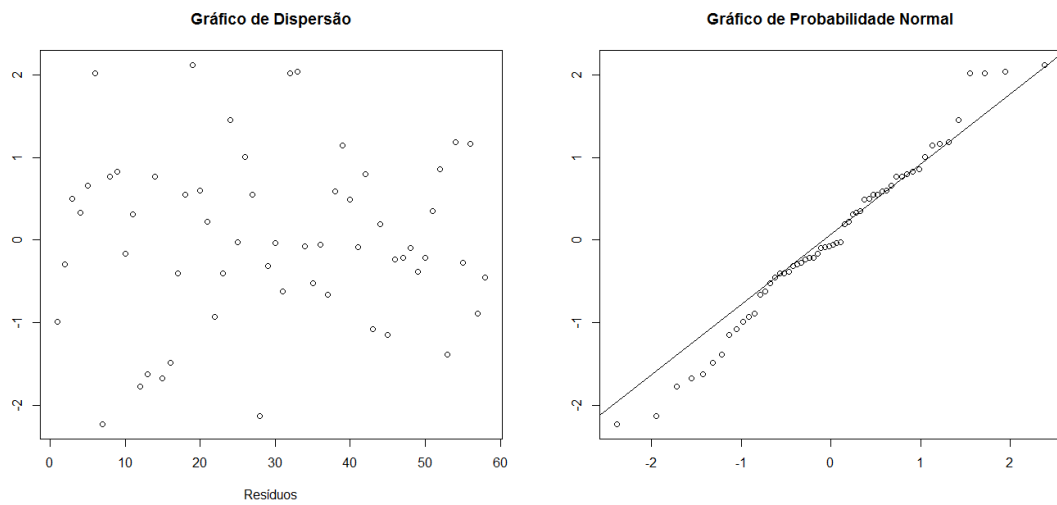
Source: The Authors

Figure 9: Residual analysis for the best result in area 2



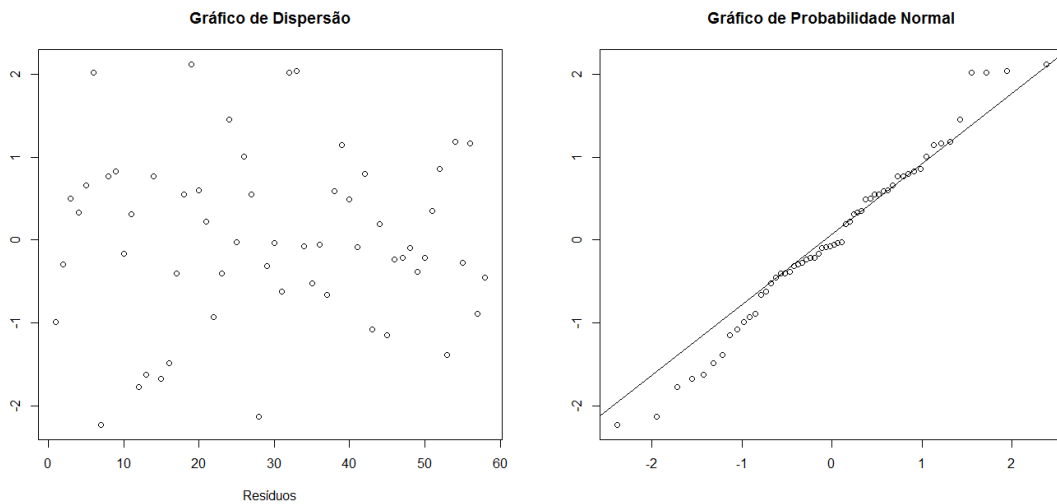
Source: The Authors

Figure 10: Residual analysis for the best result in area 3



Source; The Authors

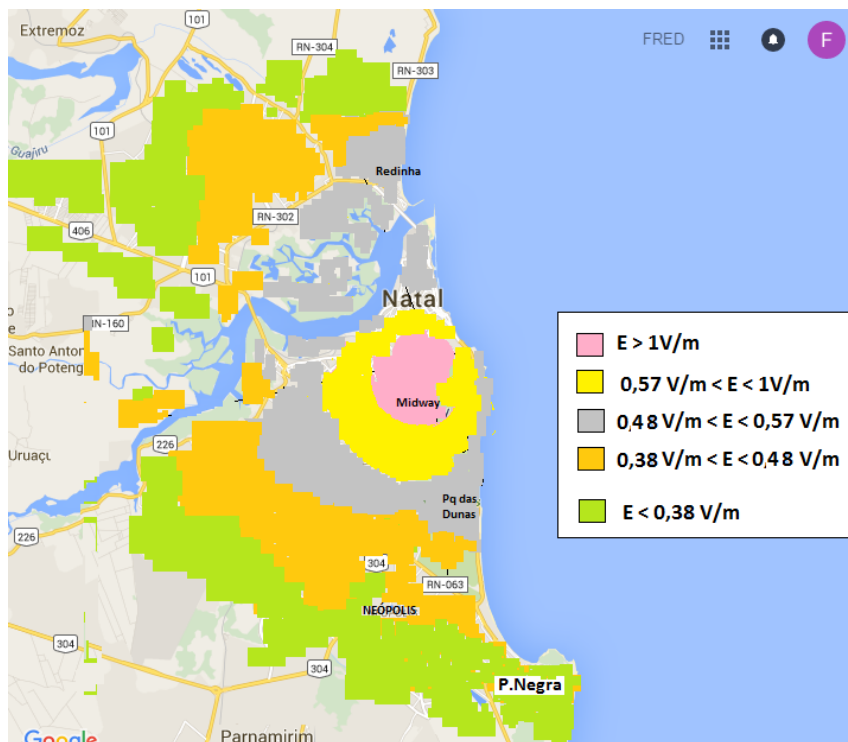
Figure 11: Residual analysis for the best result in area 4



Source: The Authors

In most cases, the open TV stations have fixed power, some exception occur with power reduction during the night time. The use of equation 5 with the parameters estimated in Table 2 made it possible, from the coordinates of any given point located in the city of Natal, to obtain an estimate of the Electric Field Intensity generated by TV stations. The Figure 12 shows the estimated Electric Field Intensity bands based on the results obtained.

Figure 12: Mapping of the estimated Electric Field Intensities in the urban area of the city of Natal – Brazil



Source: The Authors

4. CONCLUSIONS

The research produced modeling using the multiple multiple regression technique to define equations whose results allow the calculation of the field generated by the totality of TV transmitters anywhere in the city, with a comparison of the INRs emitted in the city with the exposure limits officially established. The RNI levels measured in the city of Natal are below the safety reference levels established in the legislation. The electromagnetic radiation generated by TV transmitters represented almost half of the total electromagnetic exposure (48.48%) in the city, being also responsible, punctually, for most of the peak values (maximum). Open TV services dominate the composition of the ER even for some points closer to the mobile phone towers.

The model for the calculation of the Electric Field Intensities using the Multivariable Regression technique is an instrument that can be useful for mapping the electromagnetic non-ionizing radiation in urban areas. Possession of this tool may allow better preventive conditions forenvironmental control bodies to monitor the

degree of radiation to which the population is exposed so as to authorize or limit new developments in each part of the city. The identification of the areas with the highest intensities of radiation also allows for the rational implementation of more frequent monitoring, thus saving precious resources.

The application of the model must be fundamented on the rigorous identification of the coordinates of existing stations and accurate measurement campaigns of the electric field intensity which lead to predictions according to statistical requirement. Some other aspects must be considered in the measurements: the choice of transversal streets, special attention given to areas near schools, kindergartens, hospitals, shopping centers, football stadiums and other points with higher people density.

In more dense urban areas with more relevant vertical growth rates, it is recommended that the measurement process be updated more frequently.

REFERENCES

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações, Sistema de Controle de Radiofusão. 2019. Available from: <http://www.anatel.gov.br/institucional/>, seen on 01/29/2019.

ARANGO, Hector G., Bioestatística Teórica e Computacional (3ª edição), p.179, Editora Guanabara Koogan, ISBN10: 8527715589(2009) Anti-E-Smog Society, available on: <http://www.anti-e-smog.com/ENGwho%27s%20warning.html>, seen on 07/22/2020.

CAPRI M et al.; In vitro exposure of human lymphocytes to 900 MHz CW and GSM modulated radiofrequency: studies of proliferation, apoptosis and mitochondrial membrane potential. (2004), available on: <http://www.emf-portal.de/viewer.php?aid=11293&l=g>

FRIEDMAN, J. KRAUSS, HAUPTMAN Y., SCHIFF Y, SEGMAN F., Mechanism of Short Term Activation of electromagnetic fields at mobile phone frequencies. Biochem 405 (3):559-568. (2007).

HAIR J.F., ANDERSON R.E., TATHAM R.L, BLACK W.C. (2005) Análise multivariada de dados. São Paulo: Bookman; 2005.

HAYKIN, S., MOHER M., Sistemas de Comunicações Wireless, Editora Bookman, Porto Alegre, Brasil, p.50, p.51 (2008)

International Agency for Research on Cancer (IARC). Available on: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf, seen on 07/23/2020.

LIN, JAMES C., Electromagnetic Fields in Biological Systems, CRC Press, p viii (2016).

National Telecommunication Agency (ANATEL) (2019). Regulation on the limits of exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields in the radio frequency band between 8.3 kHz and 300 GHz. Annex A to Act n. 458, of January 24th of 2019, Brazil. Available on: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/en/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2019/1237-ato-458>, seen on 07/22/2020.

PINHEIRO F.S.R. Emissão de Radiação Eletromagnética Não Ionizante na Cidade do Natal: Caracterização, Avaliação e Modelamento com Base na Intensidade do Campo Elétrico e na Taxa de Exposição. Tese de Doutorado. PPg.CS. CCS.UFRN. 2015

RAPPAPORT, T., Comunicações sem Fio, Princípios e Práticas, 2ª EDIÇÃO, p.75, 2008.

TELECO NEWSLETTER, available in: <https://www.teleco.com.br/ncel.asp>, seen on 07/22/ 2020. Population from IBGE.

World Health Organization (W.H.O) Establishing a dialogue on risks from Electromagnetic Fields, p.5, ISBN 92 4 154571 2. (2002), available on: http://www.who.int/peh-emf/publications/en/EMF_Risk_ALL.pdf, seen on 05/18/2016.

World Health Organization . (W.H.O) ; Summary of health effects; available on <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index1.html>, seen on 07/22/2020.

CAPÍTULO 08

JOGO EDUCATIVO COMO FERRAMENTA PARA INCLUSÃO DO ENSINO RELIGIOSO UTILIZANDO LIBRAS

Cosme Lopes de Oliveira

Centro Universitário de Ciências e Tecnologias do Maranhão – UNIFACEMA
E-mail: cosme.lopes@mirante.com.br

Hilson Barbosa da Silva

Centro Universitário de Ciências e Tecnologias do Maranhão – UNIFACEMA
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4626-7021>
E-mail: hilsonsilva@gmail.com

Helton Gírio Matos

Centro de Ensino Unificado do Piauí – CEUPI
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6379-7027>
E-mail: hgiriomatos@gmail.com

Aristóteles Meneses Lima

Centro Universitário de Ciências e Tecnologias do Maranhão – UNIFACEMA
E-mail: aristotelesmeneses@gmail.com

Resumo: Atualmente o avanço tecnológico se dá de maneira rápida. Vivemos na era da tecnologia, onde jogos educativos estão em plena ascensão, gerando além de diversão, conhecimento. O surgimento da Engine Unreal 4.14.3 demonstra que o jogo em busca do conhecimento possibilita a inclusão social do ensino religioso através de libras e torna o ensino da língua oficial mais atrativa para as pessoas surdas e para a sociedade em geral que busca conhecer esta língua. O trabalho realizado vai além de um jogo desenvolvido através do C++ (Linguagem de programação compilada multiparadigma), uma vez que o nível de qualidade dos gráficos e a interação com o mundo tecnológico através da internet, torna a experiência interessante. O enredo do jogo foi desenvolvido sem ferir os princípios religiosos. No jogo Em Busca do Conhecimento verifica-se os padrões de desenvolvimento profissional da engenharia de softwares e técnicas inovadoras, o que torna o jogo mais simples e divertido para todos os níveis sociais. O modelo de desenvolvimento implantado possibilita atualizações futuras, que garante a possibilidade de feedback do usuário para posteriores correções e incremento de novos métodos de conhecimento.

Palavras-chave: Jogos; Unreal Engine; Religião; Libras

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos a forma de lecionar determinado assunto estava direcionada somente à transmissão de conteúdo aos alunos, o que os caracterizava como agentes passivos do conhecimento. Por sua vez, o professor utilizava uma maneira arcaica de ensino, mesmo com os avanços tecnológicos decorrentes de cada época, ainda era considerado como o único detentor do saber. É por meio de linguagem que os seres humanos se diferem dos outros animais e é por meio dela se assume a condição de ser humano, visto que ela é considerada como forma primordial de expressão de pensamentos e ferramenta psicológica indispensável para a constituição e funcionalidade dos fatores psicológicos superiores. Entretanto, devido as transformações ocorridas na sociedade juntamente ao avanço tecnológico, a forma de aprendizagem careceu de ser alterada. No entanto, fez-se necessário alterações no modelo de ensino.

No entanto, surgiu um modelo educacional inovador e dinâmico, que retirou os alunos da posição de apáticos e indiferentes ao ensino, e os tornaram mais indivíduos ativos e questionadores. Isso facilitou o aprendizado, e possibilitou aos alunos serem mais bem preparados para enfrentarem os obstáculos, tendo em vista que somente absorver o conteúdo não leva à aprendizagem significativa e os alunos precisam dominar os conteúdos para desenvolverem suas competências. E no que se refere à educação de surdos, é importante ter um profissional qualificado em Língua de sinais nas salas de aula, tais como: professores, instrutores ou monitores.

Nesse modelo educacional, considera-se que o professor é um profissional indispensável no processo de ensino-aprendizagem, pois assume o papel de mediador e condutor, além de proporcionar motivação e desafios, e esses efeitos estimulam o conhecimento e a aprendizagem dos alunos. Portanto, o jogo Em Busca do Conhecimento foi desenvolvido para tornar o conhecimento sobre ensino religioso e Libras mais acessível para educadores e alunos surdos ou não, gerando inclusão social.

2. METODOLOGIA DA ESCRITA E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

2.1 Metodologia da Escrita

Após o levantamento dos tipos de métodos de pesquisas e suas especificidades, identificamos que o presente estudo possa ser classificado como uma pesquisa Descritiva, qualitativa de natureza exploratória. Descritiva porque como se trata do desenvolvimento de um Software visa descrever cada etapa que compõe esse processo de desenvolvimento, possibilitando uma melhor compreensão acerca de cada etapa do projeto (Jogo Educativo como Ferramenta de para inclusão do Ensino Religioso Utilizando Libras) e entender de que forma os envolvidos contribuem para a significação da prática em estudo.

2.2 Metodologia do Desenvolvimento de Softwaree

O processo de desenvolvimento de Software requer uma metodologia que possibilita identificar a evolução do desenvolvimento. O jogo *Em Busca do Conhecimento* foi desenvolvido utilizando o modelo iterativo e incremental, e suas características foram essenciais para o desenvolvimento do jogo. Segundo SOMMERVILLE (2008), durante "desenvolvimento iterativo e incremental o software é dividido em interações que o incrementam a cada nova rodada.

Esse modelo consiste na repetição do processo básico: requisitos – desenvolvimento – testes – implantação”, várias vezes com entregas pequenas do software. Ademais, o importante é saber que cada iteração deve entregar uma parte funcional do software para que ele possa passar por todas as etapas, desde a elaboração dos requerimentos até a implantação.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS JOGOS EDUCATIVOS, ENSINO RELIGIOSO E LÍNGUA DE SINAIS

Nesta seção, discutir-se-á o conceito dos jogos educativos, do ensino religioso e da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS).

3.1 Ferramenta para Inclusão do Ensino Religioso Utilizando Libras

Para fundamentar melhor o jogo utilizou-se a pesquisa de CAPOVILLA (2001), no contexto educativo na utilização da Língua Brasileira de Sinais, para a inclusão

sociodigital por meio do aprendizado da LIBRAS, o Jogo *Em Busca do Conhecimento* foi desenvolvido com o intuito de tornar a tecnologia acessível a todos.

Durante o desenvolvimento do trabalho muitas dúvidas surgiram, como por exemplo, é possível tornar o ensino religioso dinâmico usando LIBRAS? existe possibilidade de se criar um jogo divertido direcionado aos surdos que transmita conhecimento da Língua Brasileira de Sinais e ensino religioso ao mesmo tempo através de um modelo educacional dinâmico? e foram essas indagações que direcionaram este trabalho e o desenvolvimento da ferramenta.

3.2 Jogos Educativos

Os jogos educativos trazem muitos benefícios para o homem. Nicoletti e Filho (2004) citado por Franco, Lorenzzi e Peres (2014) referem que:

Os jogos educativos possibilitam ao aluno aprender de forma natural, prazerosa e dinâmica, porque traz desafios que despertam na criança o interesse na busca dos conhecimentos, além de oferecer um maior envolvimento social entre os alunos, bem como a formação de conceitos éticos, de solidariedade, de regras, de trabalho em grupo, de respeito mútuo etc.

No entanto, o uso de ferramentas inovadoras na educação, como uso de jogos para os alunos, sempre foi um marco nos estudos dos grandes educadores. Platão (apud SOLER, 2006, p.15) menciona que “você pode descobrir mais sobre uma pessoa em uma hora de brincadeira do que em um ano em conversa”.

O jogo educativo apresenta dois sentidos. A princípio é considerado como material ou situação que possibilita a livre exploração em recintos organizados pelo professor, e busca o desenvolvimento geral da criança. E, posteriormente, tem um significado mais restrito, o qual é avaliado como material ou situação que exige ações orientadas com o objetivo da aquisição de conteúdo específico ou de habilidades intelectuais, que se caracteriza como jogo didático (KISHIMOTO, 2002).

De acordo com Kishimoto (2002), o jogo educativo tem dois papéis: promover diversão, e educar, pois, através dele pode-se ter conhecimento. E o jogo educativo equilibra essas duas funções. Porém, apesar dessa dupla funcionalidade, todo jogo tem essência educativa, assegura o referido autor.

3.3 Ensino Religioso

O Brasil é um país que possui uma rica diversidade religiosa, devido a miscigenação, fruto de processos migratórios. Essa variedade de religião possibilita que as pessoas façam suas escolhas individuais, e por conta disso, fez-se necessário criar leis a respeito dessa temática, com intento de reduzir os preconceitos e manter respeito à escolha de cada um.

A vigente Constituição da República Federativa do Brasil, em seu art. 5º, inciso VI, dispõe que " é inviolável a liberdade de consciência e de crença, sendo assegurado o livre exercício dos cultos religiosos e garantida, na forma da lei, a proteção aos locais de culto e a suas liturgias". Em consonância ao Art. 33 da Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996), diz que:

A lei determina que o ensino religioso de matrícula facultativa é parte integrante da formação básica do cidadão, constituindo disciplinas nos horários normais, assegurado o respeito à diversidade cultural religiosa do Brasil, vedadas quaisquer formas de proselitismo.

Em razão do crescente número de religião e da importância do conhecimento nas escrituras sagradas o *Jogo Educativo como Ferramenta para Inclusão do Ensino Religioso Utilizando Libras* foi desenvolvido para facilitar os estudos não só da religião em si, mas da segunda Língua oficial do Brasil, a LIBRAS.

Uma pesquisa realizada pelo Censo do IBGE em 2010 também apontou que há uma grande variedade de religiões entre os brasileiros, com os seguintes resultados: indivíduos católicos apostólicos romanos (64,6%), evangélicos (22,2%), espíritas (2%), umbandistas e candomblés (0,3%), sem religião (8%), outras religiosidades (2,7%). O número de evangélicos no Brasil aumentou 61,45% em 10 anos, segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em 2000, cerca de 26,2 milhões se disseram evangélicos, ou 15,4% da população. Em 2010, eles passaram a ser 42,3 milhões, ou 22,2% dos brasileiros. Em 1991, o percentual de evangélicos era de 9% e, em 1980, de 6,6%. Mesmo com o crescimento de evangélicos, o país ainda segue com maioria católica. Segundo o IBGE, o número de católicos foi de 123,3 milhões em 2010, cerca de 64,6% da população.

Essa pesquisa demonstra como a sociedade têm se interessado por uma religião, e conseqüentemente, têm buscado aprender sobre as escrituras sagradas. O

Jogo Educacional apresentado será mais uma oportunidade para as pessoas obterem conhecimento sobre esse assunto. Conforme Silva (2011), a palavra alteridade significa se colocar no lugar do outro na relação interpessoal, com estima, valorização, identificando o outro através do diálogo.

É na prática da alteridade que se conectam os relacionamentos tanto entre indivíduos como entre grupos culturais religiosos, científicos, étnicos etc. Porém, para que o professor consiga o patamar de liberdade para o ensino religioso na busca da alteridade é imprescindível que se tenha oportunidades de orientação/formação, para desenvolver um trabalho de qualidade junto aos alunos, que carecem deste conteúdo. Por esse motivo, buscou-se desenvolver a ferramenta, essa que está aliada ao ensino através dos jogos educacionais.

3.4 Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS

Em 24 de Abril de 2002 a História do Brasil foi escrita de maneira memorável, pois nesse dia foi Decretada e Sancionada a Lei Nº 10.436, de 24 de abril de 2002 que tornou a LIBRAS como a segunda Língua Oficial do Brasil. Outro grande avanço na inclusão do ensino de Libras na educação, foi o decreto 5.626 de 22/12/2015 que regulamento a Lei 10.436, estabelecendo, entre inúmeras benefícios, Inclusão a inclusão da LIBRAS como disciplina curricular nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério em nível médio e superior e fonoaudiologia, de instituições de ensino públicas e privadas.

A partir de então, inúmeros avanços foram feitos, a LIBRAS passa a ser vista como língua oficial para comunicação entre os surdos, porém a aprendizagem dessa língua é complexa, uma vez que essa possui sua própria estrutura gramatical e compõe diversos níveis linguísticos. Em 22/12/2005 esta lei foi regulamentada pelo decreto 5.626 que estabelece, entre outras coisas, a inclusão da LIBRAS como disciplina curricular nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério em nível médio e superior e fonoaudiologia, de instituições de ensino públicas e privadas.

4. RESULTADOS

A Proposta do jogo Em Busca do Conhecimento, engloba três grandes pilares para aprendizagem, dentre eles, os jogos educacionais, o ensino religioso e o ensino da LIBRAS. A principal busca demonstra a importância da educação religiosa para a sociedade. Busca também a paz que a maioria da população tem em sua religião, e os que não tem religião podem conhecer sobre a existência de Deus.

O jogo demonstra a importância da educação na sociedade brasileira, também enfatiza a inclusão social dos surdos, pois esse trata-se sobre educação do ensino religioso através do ensino de LIBRAS. E no “mundo mágico”, o participante também poderá descobrir o que a escritura sagrada diz sobre as principais dúvidas existentes em relação à palavra de Deus. No entanto, esse jogo é essencial para quem busca estudar de forma divertida e interativa.

No jogo tem um Personagem fictício chamado Rodman. Esse personagem principal está perdido no mundo, e por mais que ele tenha conhecimento sobre assuntos científicos, não entende sabe muita coisa sobre Deus e está em busca da verdade sobre a existência desse. Entretanto, não consegue encontrar alguém que possa ajudá-lo.

A partir de sua curiosidade, suas dúvidas são respondidas, não de qualquer forma, mas através de alguém que lhe transmite conhecimento bíblico através de Libras, isso porque Rodman é surdo e busca aprender ainda mais sobre Libras e Religião. É importante ressaltar que todo o enredo é feito em um cenário de terceira pessoa (3D). Nesse contexto, o jogo começa.

Rodman terá suas dúvidas respondidas ao enfrentar obstáculos ao longo de sua busca por conhecimento. O personagem se encontrará em meio a montanhas, e ao se deparar com a situação, terá que buscar uma saída. Após sair das montanhas encontrará sua casa, onde poderá ver suas dúvidas no final desse recinto, e cada dúvida lhe direcionará a um caminho para sua resposta. Cabe a ele buscar a resposta em cada uma das fases, que corresponde às suas dúvidas que, por sua vez, o levarão a um museu onde ele aprenderá sobre o que deseja, que poderão estar relacionadas à palavra de Deus, ao pecado na Terra e à existência de Deus.

Depois de tirar todas as suas dúvidas, que são traduzidas em LIBRAS, a cada texto escrito, ele vai seguindo para o começo do nível 1. Ao chegar no museu, terá a

oportunidade de estudar as primeiras dúvidas que surgiram em sua casa, e em seguida, mudará de fase. Ao logo de cada fase, enfrentará obstáculos e inúmeras dúvidas irão surgir, poderá encontrar também todas as dúvidas solucionadas durante a fase em que se encontra.

Após as dúvidas terem sido retiradas, entrará em outra sala, que é a segunda parte do museu, e assim por diante, até retirar todas as suas dúvidas. No final ele terá o conhecimento necessário para saber a verdade que tanto busca e também terá aprendido mais sobre LIBRAS.

5. PROJETO E DESENVOLVIMENTO

5.1 Plataformas de Desenvolvimento

Utilizou-se o Game Engine, Segundo Raphael Dias, o Game Engine (em português, *motor de jogo*) consiste em um programa para computador ou uma biblioteca capaz de juntar e construir todos os elementos de um jogo em tempo real. Ele inclui motor gráfico, para renderizar gráficos em 2D ou 3D, motor de física, para detectar colisões e fazer animações, além de suporte para sons, inteligência artificial, gerenciamento de arquivos, programação, entre outros.

5.2 Ferramentas Utilizadas

Foi utilizado o C++ juntamente com o Visual Studio, que é um conjunto completo de ferramentas para construir aplicativos desktop e aplicativos web empresariais desenvolvidos por equipes e criar aplicativos individuais de alto desempenho. Também foi utilizada o Blender 3D 2.78, ela é uma das mais conceituadas ferramenta para modelagem e criação de jogos. Blender3D é um [programa de computador](#) de [código aberto](#), desenvolvido para [modelagem](#), [animação](#), [texturização](#), [composição](#), [renderização](#), [edição de vídeo](#) e criação de aplicações interativas em [3D](#), como os [jogos](#) e apresentações, através de seu [motor de jogo](#) integrado.

Para a modelagem do humanoide utilizou-se o Makehuman que é um software livre de código aberto que tem como função criar modelagem 3D de seres humanos

com realismo, dentre suas principais funcionalidades, destaca-se a que permite ilustrações de animação, jogos e esculturas que podem ser exportados em um dos melhores formatos para criação de objetos FBX, mas outros formatos também podem ser usados. Para o motor do jogo utilizou-se a Unreal Engine 4.14.3. Segundo ALLAR (2017) Engine é um motor de jogo desenvolvido pela Epic Games que cria jogos e proporciona ao desenvolver bastante recursos.

5.3 Recursos de codificação

Dentre os recursos de ferramentas tem-se o C++, o Sistema de Escrips Blueprint, Cascade VFX para efeitos especiais, Cinematics com a ferramenta Matinee, Inteligência Artificial, Função Hot Reload, requisitos do sistema, requisitos mínimos para rodar a Unreal Engine 4.14.3 e requisitos recomendados pela Epic Games. O código em C++, com um código 100% desenvolvido em C++, a Unreal Engine 4 facilita o trabalho do desenvolvedor ao pesquisar funções diretamente nos personagens e nos objetos do game e acessam as linhas de código de maneira direta para fazer as edições. No caso da Microsoft, o código pode ser aberto no Visual Studio (Joshua Kaiser, 2012).

O Sistema de Scripts Blueprint, que é outra funcionalidade importante é o seu sistema para scripts designado como Blueprint. A partir do editor pode-se prototipar e montar mecânicas do gameplay, além de possibilitar a mudança da interface de usuário sem ser necessário fazer a programação de uma linha de código.

A Cascade VFX, para originar efeitos especiais como fogo, fumaça, neve, poeira, o programa oferece o editor Cascade VFX, que inclui um simulador de partículas rápido e de baixo custo, baseado em GPU e em um sistema de colisões que interage com o buffer de profundidade. Nesse seguimento, é possível conter todos os tipos de propriedades de partículas, tais como: tamanho, cor, densidade, velocidade de queda e elasticidade. Também foi utilizado o Cinematics e Matinee, a Unreal disponibiliza um conjunto de ferramentas para criação de cinematics que admite ao usuário dominar cenas e dinâmicas de sequência de gameplay e filmes.

Esse recurso parece com os editores não-lineares presentes nos editores de vídeo, pois a partir dele torna-se possível gerar ações com suas cenas em detalhes, animar propriedades e produzir momentos cinematográficos para os jogos. Outro

recurso para a codificação foi o Hot Reload, considera-se possível atualizar o código do jogo mesmo enquanto ele estiver rodando, pois ele permite que o usuário edite as linhas de código em C++ e já visualize imediatamente as mudanças feitas no jogo sem que o game play precise ser pausado.

6. DOCUMENTAÇÃO CONCEITUAL

A documentação conceitual é formada por seções básicas, porém, ela é essencial para o desenvolvimento das etapas do game. Seguem abaixo os itens desta documentação.

A Introdução: O Jogo *Em Busca do Conhecimento* expõe o ensino religioso utilizando LIBRAS e tem como finalidade tornar a inclusão social mais efetiva e possibilitar maior aprendizagem sobre as escrituras sagradas através da Língua de Sinais.

A Descrição: O Jogo é articulado em terceira pessoa, isso faz com que haja interatividade entre o player e a pessoa do mundo real. O participante poderá ter muitas dúvidas ao longo das fases e o player principal poderá fazer pesquisas através da internet dentro do próprio jogo. Inclui o ensino religioso e a LIBRAS, e é constituído como um meio de ensino e inclusão social.

6.1 Conceito do Game *Em Busca do Conhecimento*

Com um conceito 3D, o jogo *Em Busca do Conhecimento* consiste em andar por ambientes, pular obstáculos, interagir com o cenário, aprendendo LIBRAS e conhecendo a bíblia. E por ter característica de um RPG, é construído a partir de níveis, nos quais o personagem poderá mudar de nível e evoluir ao longo do jogo, em cada nível surgirão problemas mais simples e/ou mais fortes para o personagem.

6.2 Visão Geral do game Em busca do conhecimento

Ao iniciar o jogo o player se encontra perdido sobre montanhas e busca conhecer a verdade sobre a Bíblia Sagrada, porém, ele não conhece perfeitamente a

Língua Portuguesa, mas compreende a Língua Brasileira de Sinais, e isso fará com que ele consiga sanar suas dúvidas ao longo da jornada.

O objetivo é encontrar as respostas para todas as dúvidas que o personagem possa apresentar em relação ao tema do jogo, e para isso que isso aconteça o participante precisa acionar as interatividades do game, o que lhe proporcionará um maior conhecimento sobre LIBRAS e Bíblia Sagrada.

A proposta do jogo é que os participantes removam objetos, passe por dentro de fogo, destrua objetos, passe por dentro de casa e acione interatividade, tudo isso lhe proporcionará conhecimento sobre religião e libras ao mesmo tempo que se diverte.

6.3 Jogabilidade

- Ações do jogo: pular, correr, atacar e interagir;
- Muitos desafios e ações que o player terá que tomar, decisões que afetarão na progressão ou regressão dos níveis;
- O jogo terá evoluções diversas, incluindo a mudança do player;
- Fase secreta ao encontrar a chave escondida em um dos níveis;
- Mundo do Jogo;
- O mundo é composto por aproximadamente 10 ambientes diferentes;
- No jogo pode-se encontrar campos, desertos, cavernas, escuridão, fogos etc.
- Os mundos terão características próprias e os ambientes semelhantes aos que existem em nosso planeta terra;
- O player terá que explorar todo esse ambiente da terra.

6.4 Personagens

Rodman é um ser artificial que busca conhecimento da Bíblia através de LIBRAS, ele consegue comunicação através da interatividade entre a máquina e o homem. A mulher que traduz a história do jogo, é a personagem que possui conhecimento bíblico e transmite a Rodman através da tecnologia de interatividade entre máquina e homem. Após ter adquirido conhecimento sobre a Bíblia em LIBRAS, o personagem poderá se transformar em outro personagem dentro do jogo.

Essa transformação é feita quando o personagem, que é uma máquina, encontra Rodman, e ao tocar em Rodman, todo o conhecimento que a máquina adquiriu é repassado a ele, possibilitando assim o início da transformação. Nesse momento a máquina para de funcionar e Rodman passa a ser o personagem principal do jogo. A Figura 1 demonstra a transição de um personagem para outro durante o jogo.

Figura 1: Transição de um personagem para outro



Fonte: Os autores

6.5 Mecanismos e evolução

No que se refere à mecânica do jogo, existe uma câmera que segue a visão do player, fazendo com que seja possível a visualização de todo o ambiente, essa câmera segue sempre o player, isso permite que o player tenha sua personalidade mudada ao longo do game.

6.6 Controles, Interfaces e Composição

Os controles são similares aos dos jogos de plataforma dos consoles mais atuais, como PS3 e Xbox, podendo ainda ser utilizado o teclado ou o mouse para jogar. A interface é feita através de um cilindro, um cubo e objetos, como computadores e ícones universais, isso facilita o entendimento de quem está jogando.

A tela é especial e mostra atualizações que poderão ser feitas para melhor aproveitamento no jogo *Em Busca do Conhecimento*. O jogo foi feito em 32 bits,

versão de 64 bits, com base no mundo real, dando ênfase às escrituras sagradas e à Língua Brasileira de Sinais.

6.7 Requisitos

De modo geral, os requisitos funcionais descrevem o que uma aplicação é capaz de realizar, ações como processar dados, realizar cálculos, execuções algorítmicas, dentre outras funcionalidades específicas. Tais funcionalidades são essenciais para a engenharia de software, pois proporcionam normas fundamentais para solução de problemas na aplicação a ser desenvolvida.

Sommerville (2008) aduz que os requisitos de sistema de software classificam-se como funcionais, não funcionais e como requisitos de domínio. Requisitos de domínio são restrições originárias do domínio da aplicação do sistema. Podem ser requisitos funcionais ou não funcionais. Apesar dessas distinções não serem tão claras, Sommerville (2008) assegura que um requisito pode parecer inicialmente não funcional, mas que quando desenvolvido com mais detalhes pode dar origem a uma série de novos requisitos funcionais.

No entanto, ressalva-se que, em se tratando de requisitos deve-se levar em conta que a distinção entre eles é artificial. E foi com base nesses conceitos que os requisitos do game Em Busca do Conhecimento foram desenvolvidos. Os requisitos funcionais definem como as funcionalidades do sistema devem reagir em condições específicas e como se comportarem em determinadas situações, eles também podem declarar o que o sistema não deve fazer.

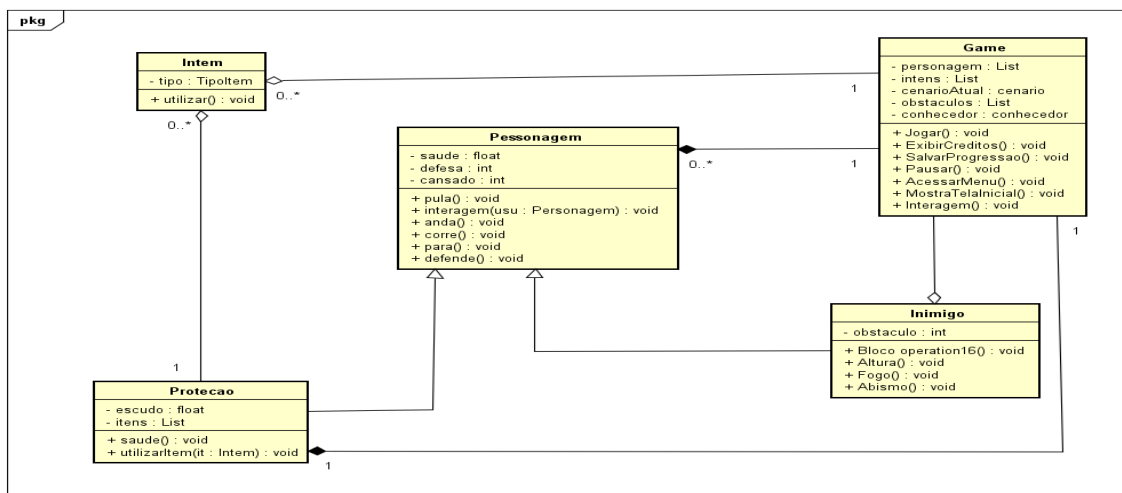
6.8 Requisitos Não funcionais

Os requisitos não funcionais, também conhecidos como atributo de qualidade, são restrições sobre serviços ou funções oferecidas pelo sistema. Dentre eles destacam-se as restrições de tempo, processo de desenvolvimento e padrão. A descrição das restrições complementa a definição dos requisitos (PAULA FILHO, 2000).

6.9 Diagramação UML

A UML (Unified Modeling Language) é uma linguagem de modelagem que auxilia o analista de sistemas na definição das características de um software sob diversas perspectivas de visualização. Diagramas de Classe "Os diagramas de classes permitem a exibição de um conjunto de informações importantes para o desenvolvedor de sistemas. Esses diagramas são utilizados para representar a visão estática do sistema" (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2005). Para um melhor desenvolvimento do jogo, utilizou-se conjuntos de classes (Figura 2), seus atributos e o relacionamento desses, e ainda, o diagrama de classe que mostra como o jogo foi implementado.

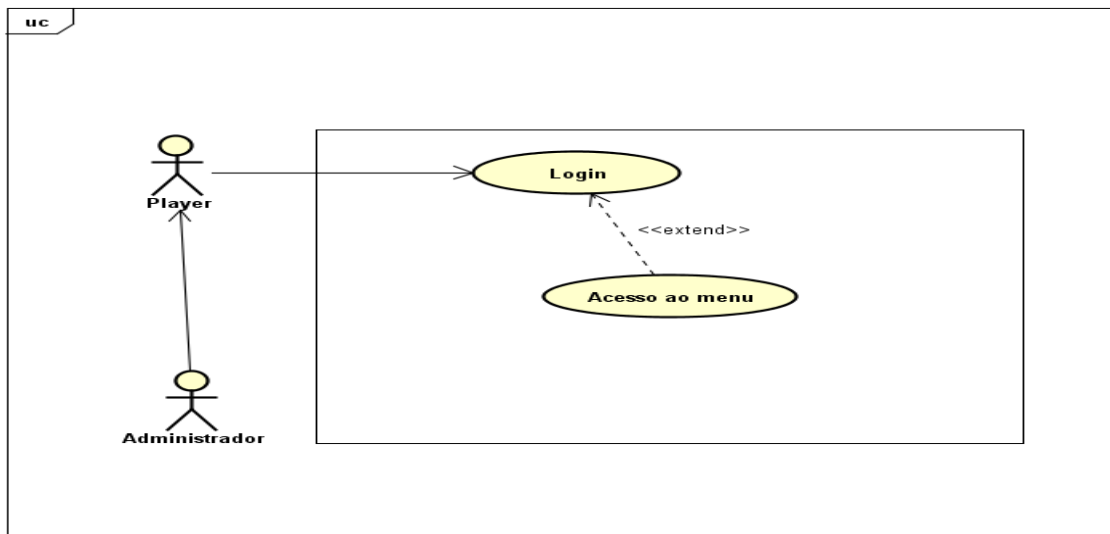
Figura 2: Diagrama de Classe



Fonte: Os autores

A figura 2 refere-se ao digrama de classe usado para mostrar os elementos fundamentais encontrados no jogo, como as interfaces de arquitetura, principais características, funcionalidade do personagem e suas interações. Diagramas de Casos de Uso, os casos de uso descrevem uma unidade funcional da aplicação e são usados para o levantamento de requisitos funcionais do sistema. Nas figuras seguintes serão dispostos os diagramas de casos de uso do jogo Em Busca do Conhecimento. Esses procedimentos permitem a verificação dos elementos que atuam no game e executam as ações necessárias, no entanto, possibilitam a criação do caso de uso do personagem. Conforme Figura 3 a seguir.

Figura 3: Caso de uso Login

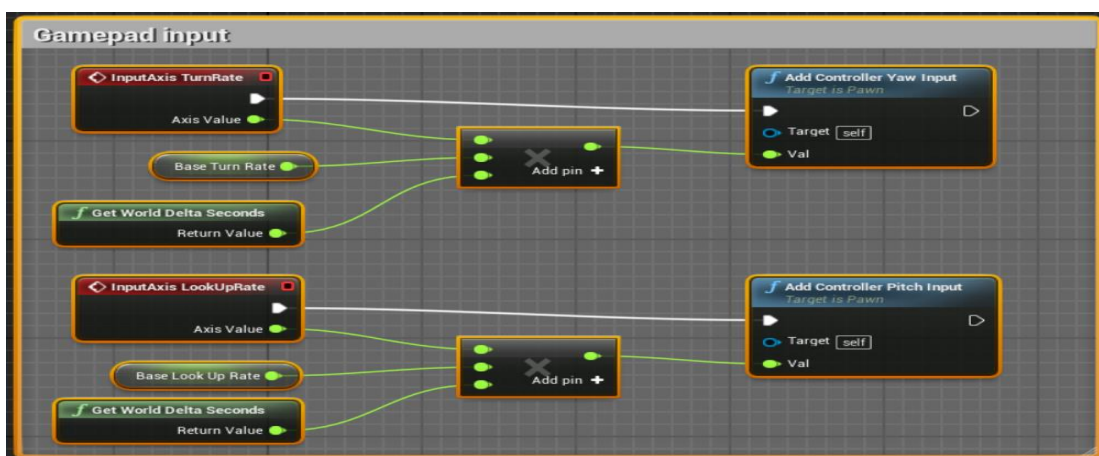


Fonte: Os autores

7. FUNCIONALIDADES DO JOGO

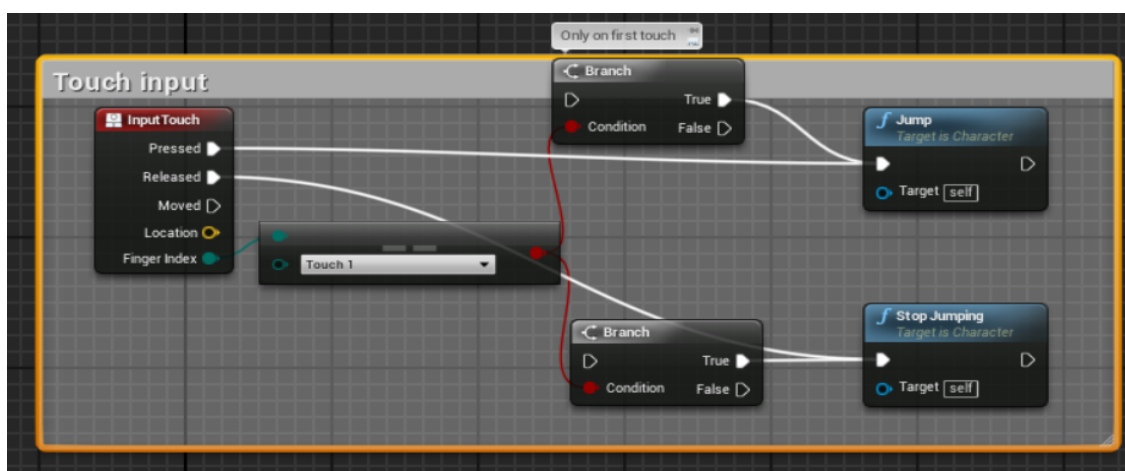
Os personagens e suas funções de entrada e saída de dados, e movimentação, como os saltos e toque na tela, dentre outras funções são demonstradas como foram produzidas visualmente, através de Blue Print. É possível identificar essas entradas nas Figuras 4, 5 e 6, Gamepad, Touch e mouse, respectivamente. O toque na entrada de toque, como mostra a figura 5, possibilita interação ao usuário, e faz com que as interfaces dos objetos entendam o que está ocorrendo na tela ao tocá-la com as mãos.

Figura 4: Representa a entrada do Gamepad



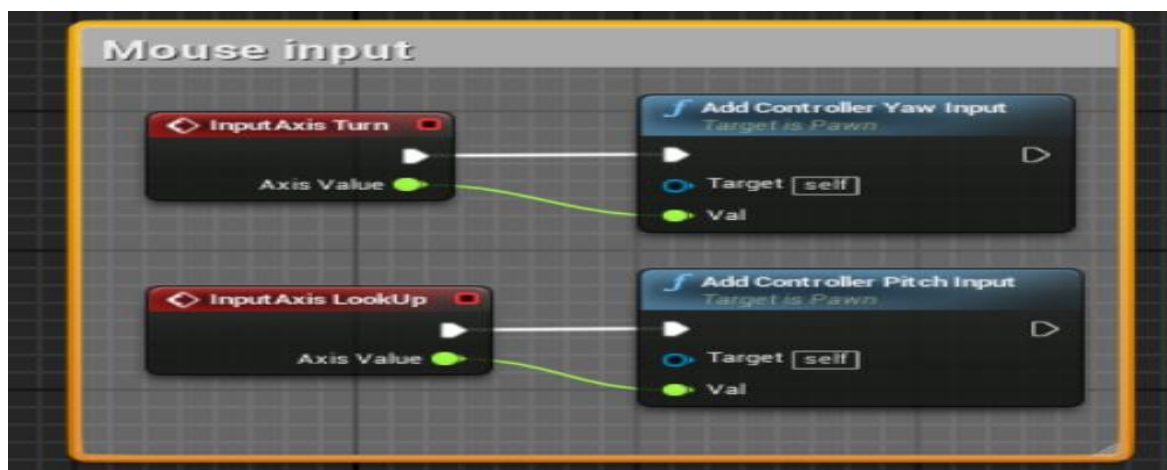
Fonte: Os autores

Figura 5: Representa a entrada via Toque



Fonte: Os autores

Figura 6: Representa a entrada de Mouse



Fonte: Os autores

7.1 Fases do Jogo

Como o jogo Em Busca do Conhecimento tem como objetivo principal a inclusão do ensino religioso utilizando a LIBRAS, considerou-se adequado dividi-lo em níveis, cada um com suas particularidades.

O primeiro nível diz respeito à palavra de Deus, nele está incluso uma pequena introdução sobre o tema a ser estudado e nessa fase o personagem poderá encontrar 7 dúvidas, essas serão respondidas ao longo da fase através da interatividade no jogo. Os mesmos procedimentos são feitos nas fases seguintes.

No nível 2 ensina-se sobre o pecado na terra. Nele 8 perguntas podem ser respondidas. O nível 3 apresenta ensinamentos sobre a existência de Deus, e nessa

fase 6 perguntas do participante poderão ser respondidas. No entanto, em todos os níveis o personagem terá suas dúvidas sanadas. Vale ressaltar que todas as perguntas serão respondidas em LIBRAS, a ferramenta de ensino do jogo.

7.2 Nível 1 – A Palavra de Deus

Deus revela-se de maneira especial ao ser humano através da Bíblia Sagrada. Nela encontram-se orientações sobre como se adquire a libertação do pecado que gera uma nova vida. Esse livro tem o poder de transformar a mente do ser humano, e, conseqüentemente, mudar suas atitudes. Através dele encontra-se o caminho para a felicidade eterna. Através do jogo o personagem poderá conhecer sobre o que se trata a Bíblia Sagrada e a palavra de Deus. A Figura 7 possibilita uma visão do primeiro nível do jogo.

Figura 7: Primeiro Nível do jogo em busca do conhecimento



Fonte: Os autores

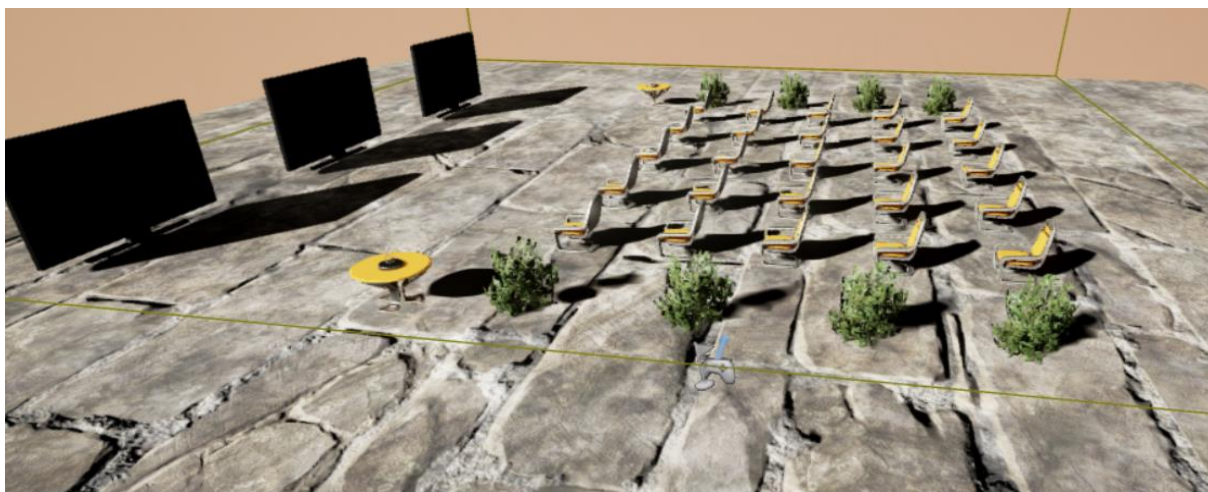
7.2 Nível 2 – O Pecado no Planeta Terra

Desde os tempos mais remotos o ser humano vem observando o sofrimento causado pelas injustiças presentes em seu cotidiano, e por esse motivo surgem algumas dúvidas e perguntas referentes a esse fenômeno, como as seguintes: porque tantas pessoas sofrem? Porque há tanta violência e tanta fome na terra? Porque tudo isso acontece? Quem é o culpado por todas essas dores? Porque temos que morrer,

e ainda conviver com a dor da perda de parentes e amigos. Lúcifer era um anjo de luz, ele foi retirado do céu e hoje é conhecido como satanás.

Ele veio ao planeta Terra e causa o mal aos habitantes, foi ele quem levou o pecado a Adão e Eva, esses que viviam no Jardim do Éden, criado por Deus. Devido a tentação do inimigo, Adão e Eva, que eram os primeiros habitantes do planeta, caíram em tentação e isso fez com que o pecado entrasse no mundo, o que trouxe sofrimento, fome e a morte. A Bíblia Sagrada é o livro que revela todos esses acontecimentos. A Figura 8 representa o cenário idealizado para o segundo nível do jogo em busca do conhecimento.

Figura 8: Segundo Nível do jogo em busca do conhecimento



Fonte: Os autores

7.3 Nível 3 – Deus Existe?

A temperatura do planeta tem aumentado consideravelmente devido, principalmente, a ação do homem no planeta. A temperatura da superfície do Sol é 12.200 graus Celsius. Esse grande astro mantém uma distância necessária da terra e está no limite suportável para o ser humano. Se metade da radiação do sol chegasse até o ser humano, ele sofreria queimaduras, e se a intensidade da insolação aumentasse, o homem sofreria carbonização.

A terra gira a uma velocidade de 1600 km/h, uma velocidade ideal para a existência do homem na terra. Porém, se o planeta Terra girasse a 160km/h ou em uma velocidade inferior a ideal, certamente os dias seriam 10 vezes mais longos e,

consequentemente, o sol iluminaria mais tempo o planeta, segundo o cálculo feito através da fórmula que indica o módulo da velocidade linear da Terra $V=2\pi.R/T$ e sua gravidade dada por $F_{grav} = (Gm_1m_2) /d^2$. Como consequência principal do dia mais longo, praticamente toda a vegetação queimaria durante o dia, e no frio da noite, a vegetação sofreria com o enregelamento (exposição excessiva ao frio) rapidamente. A Figura 9 representa o cenário idealizado para o terceiro nível com cartas com símbolos em LIBRAS.

Figura 9: Terceiro Nível do jogo em busca do conhecimento



Fonte: Os autores

8. CONCLUSÃO

A tecnologia tem avançado de forma rápida, e é nesse contexto que o jogo *Em Busca do Conhecimento* está inserido, girando em torno do processo ensino-aprendizagem do ensino religioso aos deficientes auditivos. A proposta deste trabalho foi desenvolver um jogo educativo para ser utilizado por indivíduos interessados em aprender sobre princípios bíblicos e LIBRAS.

Assim sendo, o objetivo geral foi tornar o ensino religioso mais acessível à sociedade e, principalmente, aos deficientes auditivos, dinamizar a aprendizagem e equilibrar o processo de ensino à aquisição de conhecimento sobre os temas em questão. De modo geral, o trabalho respondeu aos objetivos e superou as expectativas do desenvolvedor, pois tanto os adultos quanto as crianças, ao participarem do jogo, julgaram-no divertido e atraente. Para as crianças com deficiência auditiva, a versão beta foi o que chamou a atenção, as quais apresentaram

sentimento de alegria ao notarem que estavam fazendo uso de um instrumento tecnológico de forma natural e prazerosa.

Durante os testes, os participantes demonstraram grande interesse pelo referido jogo, e solicitaram que o mesmo fosse exibido em uma TV local e apresentado ao grupo de pesquisa de jogos da Centro Universitário Ciência e Tecnologia do Maranhão - UNIFACEMA. Portanto, visando atualizações futuras para discriminação do conhecimento, através do jogo *Em Busca do Conhecimento* algumas melhorias poderão ser acrescentadas, tais como: criação de novos níveis, exibição do nível de conhecimento adquirido, disponibilização da versão para Android, IOS, PS3, PS4 e XBOX, criação de feedback interativo entres os jogadores e desenvolvedor e inserção da realidade virtual no jogo.

Como forma de contribuição O Jogo em busca do conhecimento, viabiliza a inclusão Digital, o ensino da Língua Brasileira de Sinais-LIBRAS, por meio de abordagem religiosa.

REFERÊNCIAS

Allar, m. **UNREAL ENGINE 4.13 RELEASED! DISPONÍVEL EM:**
<[HTTPS://WWW.UNREALENGINE.COM/EN-US/BLOG/UNREAL-ENGINE-4-13-RELEASED](https://www.unrealengine.com/en-us/blog/unreal-engine-4-13-released)> ACESSO: 20 MAR. 2017.

CAPOVILLA, F.C.; RAPHAEL, W.D. **Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue da Língua de Sinais Brasileira. Volume II:** Sinais de M a Z (Vol. 2, pp. 835-1620). São Paulo, SP: Edusp, Fapesp, Fundação Vitae, Feneis, Brasil Telecom, 2001b.

FILHO, P. **Engenharia de Requisitos** Disponível em: <
<http://www.semeru.com.br/blog/engenharia-de-requisitos/>> acesso: 21. mar. 2017.
FREIRE, J. B. **Educação de Corpo Inteiro:** Teoria e Prática da Educação Física. São Paulo: Scipione, 1989.

KISHIMOTO, T. M. **Brinquedo e Brincadeira – usos e significações dentro de contextos culturais.** In: SANTOS. Santa Marli Pires dos. Brinquedoteca: o lúdico em diferentes contextos. 7ª Edição. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

NOVAES, N. **Desenvolvimento Iterativo e incremental: você já ouviu falar?** Disponível em: <<http://startupsorocaba.com/desenvolvimento-iterativo-e-incremental/>> acesso: 21 mar. 2017
OLIVEIRA, V. B. **O brincar e a criança do nascimento aos seis anos.** Petrópolis: Vozes, 2000.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software.** Mc Graw Hill, 6 ed, Porto Alegre, 2010. [2].

SILVA NETO, Manoel Jorge. **Proteção constitucional a liberdade religiosa,** 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Saraiva, 2013.

SILVA, Enio Moraes da. **Revista de Informação Legislativa,** Brasília, DF, ano 42, n. 167, p. 216, jul./set. 2005.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software.** 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. P. 19-33.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software.** Addison Wesley, 2004.

SORIANO, Aldir Guedes. **Liberdade religiosa no direito constitucional e internacional.** São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002, p. 78.

CAPÍTULO 09

GEOMETRIA EM CORES E FORMA: UMA EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA

José Dantas da Silva

Prefeitura Municipal de Missão Velha

E-mail: dantasdasilvaj@gmail.com

Regilania da Silva Lucena

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias do Ceará – IFCE – Campus Juazeiro do Norte

E-mail: iregilania@gmail.com

Resumo: Apresenta-se neste artigo uma experiência com o uso de materiais manipuláveis como recurso pedagógico de ensino e de aprendizagem em geometria plana com alunos do nono ano do ensino fundamental numa escola pública da cidade de Juazeiro do Norte – CE. Este artigo tem por objetivo analisar as contribuições do uso de recursos didáticos manipuláveis em sala de aula para a aprendizagem em geometria. Os recursos utilizados foram o tangram chinês de sete peças, geoplano retangular, fita métrica e fractais. Esta pesquisa é exploratória, estudo de caso, indutiva com abordagem qualitativa. A partir de observações verificou-se que o uso dos materiais didáticos manipuláveis contribui para melhoria da aprendizagem em geometria e ao desenvolvimento de competências matemáticas.

Palavras-chave: Geometria; Materiais Manipuláveis; Aprendizagem.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta as atividades de regência na disciplina de Estágio Supervisionado do curso de Licenciatura Plena em Matemática, no ensino fundamental II, especificamente, no nono ano de uma escola de ensino fundamental e médio na cidade de Juazeiro do Norte, no cariri cearense. As atividades versaram sobre geometria com o auxílio de materiais didáticos manipuláveis como o tangram, o geoplano, canudos plásticos, fita métrica e ainda com fractais construídos em folha de papel, com imagens de fractais.

As formas geométricas eram feitas com as peças do tangram Chinês de sete peças, com ligas coloridas no geoplano retangular feito com madeira e pregos, no solo da sala com os canudos de suco, com cortes em folha A4 no caso dos fractais. As atividades estimulavam os alunos fazer transformações, movimentos, generalizações, demonstração e comparações, a fim de proporcionar a investigação sobre as propriedades e características de triângulos, quadriláteros e outros polígonos. Os materiais usados ou confeccionados em sala possuíam cores diferentes para que entes geométricos pudessem ser destacados tais como altura, mediana, diagonal e para chamar a atenção dos alunos e motivá-los durante as aulas, dando um caráter lúdico aos recursos.

Este artigo diz respeito ao uso de materiais didáticos manipuláveis em sala de aula, tendo em vista analisar as contribuições deles no processo de ensino e aprendizagem em geometria. Para tanto, no início ou durante cada aula, os conceitos eram apresentados e estudados Com a mediação de material manipulável, no início ou mesmo durante cada aula, foi possível apresentar e estudar conceitos matemáticos, identificar as dificuldades e os déficit de aprendizagem dos alunos e até lhes proporcionar aprendizagens significativas dos conceitos trabalhados em aula.

Ver e tocar objetos concretos são ações indispensáveis e determinantes para a apreensão de conceitos matemáticos. Assim, o uso de materiais didáticos manipuláveis contribui para o trabalho docente, exerce poder sobre a aprendizagem, é um excelente catalizador para o aluno construir o saber matemático e potencializa o desenvolvimento das competências matemáticas.

Com esta pesquisa, pôde-se perceber que o uso de materiais manipuláveis variados para ensinar matemática contribui para o trabalho coletivo, a correção de

deficiências, superação de dificuldades de aprendizagem, interioriza conceito e auxilia o trabalho do professor, confere dinâmica a sala de aula, promove motivação e envolvimento e potencializa o desenvolvimento de competências.

2. MATERIAIS DIDÁTICOS MANIPULÁVEIS EM SALA DE AULA

Muitos educadores destacavam a importância do uso de recursos visuais ou manipulativos para facilitar a aprendizagem. Comenius, Pestalozzi e Forbel, embora não contemporâneos, afirmavam que o ensino deveria dar-se do concreto ao abstrato. Rousseau indicou o contato direto com os objetos a fim de contribuir para a aprendizagem. Ainda Piaget afirmava que a aprendizagem se dá pela ação sobre o objeto de conhecimento. Enfim, cada educador reconhecia que a ação direta do sujeito sobre o objeto de conhecimento é condição necessária à aprendizagem.

Conforme Lorenzato (2010, p. 18), “Material didático (MD) é qualquer instrumento útil ao processo de ensino-aprendizagem”. Desta forma, podemos citar calculadora, compasso, esquadro, régua, tangram, geoplano, dentre outros.

Os materiais didáticos manipuláveis são aqueles que permitem a ação do indivíduo sobre ele, isto é, podem ser manuseados. São classificados em estáticos e dinâmicos. Aqueles não permitem modificações em suas formas ou estruturas, apenas o manuseio ou observação. É o caso da fita métrica ou poliedros construídos em madeira. O segundo permite fazer transformações contínuas a fim de o aluno perceber e descobrir características. É o caso do retângulo formado com ligas de látex no geoplano retangular que pode ser transformado num quadrado ou formar uma figura com canudos de refresco e movendo alguns deles formar outra figura.

Segundo Manoel Jairo Bezerra apud Romulo Rêgo e Rogéria Rêgo (2010, p. 42), as principais funções do material manipulável são:

- a. auxiliar o professor a tornar o ensino de matemática mais atraente e acessível
- b. acabar com o medo da matemática que, criado por alguns professores e alimentado pelos pais e pelos que não gostam de matemática, está aumentando cada vez mais a dificuldade do ensino dessa matéria e
- c. interessar maior número de alunos no estudo dessa ciência.

Analisando estes itens, podemos perceber que os materiais manipuláveis atuam como mediadores, facilitando a relação entre aluno-professor-conhecimento,

isto é, auxiliam o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, tais materiais didáticos facilitam a aprendizagem em qualquer assunto, curso ou idade; é um eficiente regulador do ritmo de ensino em sala, possibilitando o aluno aprender no próprio ritmo, sob as orientações do professor; possibilita variadas experiências e oportunidades de estudo sobre um mesmo assunto; atribui significado ao aprendizado; cria condições para que o aluno faça estimativas, descubra padrões, propriedades, características e relações; os alunos tomam consciência do que é, como e para que estudar e aprender matemática, rompendo com o preconceito que esta é uma disciplina difícil ou privilégio de alguns, favorecendo, assim, a aprendizagem.

No entanto, é fundamental destacar que o material didático manipulável não possui função ilustrativa, conforme comenta Carvalho (1994, p. 107):

Na manipulação do material didático a ênfase não está sobre objetos e sim sobre as operações que com eles se realizam. Discordo das propostas pedagógicas em que o material didático tem mera função ilustrativa. O aluno permanece passivo, recebendo a ilustração proposta pelo professor, respondendo *sim* ou *não* a perguntas feitas por ele.

Neste sentido, a realização de atividades manipulativas é necessária e indispensável para que o aluno adquira competências matemáticas, mas não é a manipulação em si que garante a aprendizagem, é preciso a ação mental interiorizada do aluno sobre o objeto de estudo quando possui distintos e variados materiais em suas mãos.

A influência do material didático sobre o aluno pode se dar de maneira variável, dependendo do estado de cada aluno e do modo como o professor emprega na atividade pedagógica. Para um mesmo material didático, existe diferença de resultado quando o professor explica expositivamente o assunto, ilustrando-o com o material e quando o assunto é estudado com os alunos manipulando o material. É evidente que os resultados de aprendizagem no segundo caso serão mais sólidos, pois os alunos poderão aprender no próprio ritmo, refletir e fazer descobertas.

É indispensável o planejamento para o uso adequado do recurso manipulável para que os alunos possam realizar observações, reflexões, descobertas, levantar hipóteses, elaborar e testar estratégias, construindo o aprendizado. Desta forma, ao planejar suas aulas, o professor de matemática precisa questionar-se: para ensinar estes conceitos, posso usar algum material manipulável? Qual (is) o(s) material (is)?

Como utilizar? Quando utilizar? Este recurso é adequado aos objetivos? Assim, é necessário saber qual, o porquê, como e quando pôr em cena o recurso manipulável, caso contrário, será inútil ou prejudicial à aprendizagem.

Como o professor dirige e controla o processo de ensino, pode-se propor aos alunos anotarem as observações, as verificações, comentarem e explicarem os procedimentos realizados, os resultados e as justificativas durante a resolução de problemas e execução das atividades, para os demais colegas. Com estas ações o professor favorece a reelaboração das experiências, permite que os alunos construam o conhecimento coletivamente por meio das discussões, identifica desvios na aprendizagem, fortalece a construção da linguagem matemática, da autonomia e a apreensão dos conceitos.

Portanto, analisando as competências matemáticas, em especial as geométricas, os materiais didáticos manipuláveis servirão de apoio para fazer os alunos refletir, questionar, observar, identificar, reconhecer, classificar, comparar e descrever as propriedades pertinentes a cada objeto geométrico, comparando formas e aplicando conceitos. Entretanto, nem os conceitos nem as competências matemáticas não estão nos materiais, mas na ação reflexiva do aluno sobre as atividades que realizam.

3. AS COMPETÊNCIAS EM GEOMETRIA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

Como foi dito, o uso consciente dos materiais didáticos manipuláveis por parte do professor e do aluno melhora o aprendizado e potencializa a aquisição de competências em matemática.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (1998, p. 81), um dos objetivos de matemática para o segundo ciclo é: “Identificar as características das figuras geométricas, percebendo semelhança e diferenças entre elas, por meio de composição e decomposição, simetrias, ampliações e reduções.”.

Neste sentido, ainda segundo o mesmo documento, o trabalho do professor deve estimular a observação das características das formas bidimensionais e tridimensionais para que os alunos identifiquem propriedades e faça classificações.

Segundo Alsina i Pastells (2009, p.73), a aprendizagem progressiva dos conhecimentos geométricos e do espaço, permite a aquisição das seguintes competências:

Realizar praticamente as transformações com movimentos e com materiais e aplicá-las a um melhor conhecimento das figuras e dos corpos. Reconhecer praticamente transformações geométricas em seu espaço conceitual: noção de mudanças, propriedades que não mudam, operação inversa, etc., e descobrir progressivamente suas leis de funcionamento. Adquirir as técnicas instrumentais vinculadas à atividade geométrica: domínio de movimentos, habilidades de manipulação de materiais e uso correto do material de desenho geométrico. Desenvolver a imaginação, a criatividade e o gosto pela beleza das formas, especialmente explícitas na natureza e na arte. Adquirir visão “geométrica” do que está ao nosso redor.

É claro que o estudo em geometria não se limita somente à investigação, mas elevar o pensamento crítico e reflexivo bem como o raciocínio lógico-matemático.

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa é exploratória, estudo de caso, indutiva com abordagem qualitativa. Os dados foram coletados a partir da observação individual, participante, assistemática, na vida real.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir relatam-se as atividades desenvolvidas no nono ano da Escola de Ensino Fundamental e Médio Tiradentes, da cidade de Juazeiro do Norte – CE, com geometria euclidiana plana. As atividades versaram sobre assuntos já estudados na sala de aula: polígonos, semelhança, congruência, teorema de Pitágoras, razão, perímetros e áreas de figuras planas, fractais, a saber, o Conjunto de Cantor e o Triângulo de Sierpinski.

As atividades consistiram em desenvolver as habilidades de observar, identificar, reconhecer, classificar, comparar e descrever as propriedades pertinentes a cada objeto matemático, comparando formas e aplicando conceitos.

Os conteúdos: polígonos, semelhança, congruência, perímetros e áreas, foram estudados com o auxílio do Tangram Chinês básico de sete peças e do Geoplano retangular. Ainda no estudo dos polígonos, usamos como material manipulável os canudos plásticos.

O teorema de Pitágoras foi demonstrado com o Tangram. Usamos cinco triângulos de mesmo tamanho, tomando – os de mais de um tangram, justapondo as peças uma ao lado da outra. O conteúdo Razão foi trabalhado à luz do número de ouro relacionando-o com a ideia de beleza existente no renascimento. Com os fractais estudamos potenciação, foi possível aos alunos deduzir uma fórmula geral que determinaria quantos paralelepípedos seriam produzidos na n -ésima interação no conjunto de Cantor e também o triângulo equilátero.

Para cada conceito matemático abordado nas atividades propostas, era feita uma revisão expositiva ou no início ou durante as atividades, a fim de motivar e manter os alunos com foco e explicá-los os objetivos da aula. Em seguida, sob orientações e com um manual passo a passo, os alunos executaram as atividades.

Inicialmente, as atividades começaram com o tangram às quais foram divididas em dois blocos: (1) Geometria Básica, (2) Frações e áreas. No bloco de geometria básica foram explorados os conteúdos de semelhança, congruência e classificação de triângulos e quadriláteros. Para que os alunos pudessem verificar os conceitos acima mencionados foi aplicada a seguinte sequência metodológica: primeiro eles montavam a figura que a atividade pedia e em seguida, sobrepunham uma sobre a outra. Caso a segunda preenchesse totalmente a primeira teríamos figuras congruentes, caso contrário, eram semelhantes.

As atividades envolviam montagem de triângulos e de quadriláteros. Assim, os alunos foram muito bem na classificação dos polígonos que estavam sendo exigidos no material, exceto no trapézio retângulo, que alguns não lembravam ou não sabiam como era a forma deste polígono. Para montar um triângulo com quatro peças era preciso juntar os catetos dos triângulos e uma aluna disse “o que é isso?”. Ela se referia aos catetos. Assim, como podia alguém mais não saber ou lembrar, foi exibido a todos o triângulo maior mostrando os catetos e a hipotenusa. Com isso, a aluna entendeu estes termos e montou o triângulo.

Sobre estas atividades, o que exigiu intervenção foi à capacidade de criar e abstrair as figuras antes de criá-las e o fato dos alunos não aproveitarem as figuras criadas anteriormente para montar as demais. Em algumas atividades apareciam mais de uma solução e alguns alunos solucionavam mais rápido que outros.

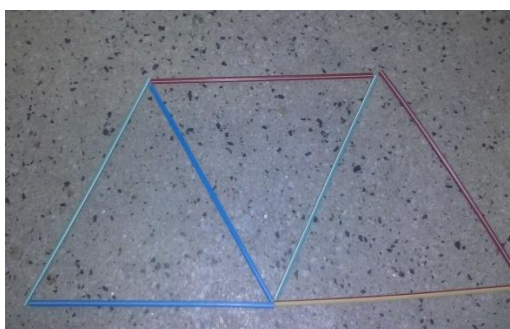
Os conteúdos de frações e de área de figuras planas foi utilizado o tangram como mediador de aprendizagem. O objetivo nesse momento, foi o de mostrar como

os alunos calculavam a área de uma determinada figura tomando uma como base (unidade de medida). As atividades cobravam que os alunos relacionassem as áreas de figuras grandes com as figuras menores, assim, os conceitos de área e de fração aparecem. Como exemplo, tomemos uma das atividades. Usamos quantos triângulos pequenos para formar o triângulo grande? Neste exemplo, o triângulo pequeno é tomado como base (unidade de medida). De posse das figuras, é fácil ver que o triângulo grande é formado por quatro triângulos pequenos. Então a área do triângulo grande é quatro vezes a área do pequeno. Analogamente, a área do triângulo pequeno é um quarto da área do triângulo grande.

Os alunos conheciam as figuras, sabiam calcular a área de triângulo, quadrado, retângulo, entretanto, alguns não lembravam com calculava a área de trapézio e losango. Diante disso, foram revisadas as fórmulas básicas de calcular área de triângulos e quadriláteros.

Na atividade com canudos plásticos o objetivo foi desenvolver o raciocínio lógico e a compreensão das propriedades visuais das figuras (polígonos) através da reorganização dos canudos a fim de construir outra figura. Todos os canudos possuíam o mesmo tamanho, em cada atividade, foram montadas as figuras no chão da sala. Como exemplo tem-se: mover dois canudos da figura abaixo para formar dois triângulos.

Figura 1: Oficina com canudos



Fonte: Os autores

As atividades com o Geoplano envolviam representar no geoplano figuras regulares e não regulares, convexas e não convexas, quadriláteros e triângulos. Nestas atividades, os alunos não apresentaram dificuldades. No entanto, houve dificuldades nas atividades que envolviam perímetros e área, embora soubessem calcular o perímetro e a área das figuras. A principal dificuldade percebida foi a de

interpretar cada problema. Por exemplo, uma das atividades pedia para construir um triângulo que seja a metade do retângulo. Aqui entra o conceito de área. Assim, o aluno precisava construir o retângulo para depois fazer o triângulo, isto é, transformar uma figura em outra. A partir das orientações docentes, os alunos foram percebendo isso e continuaram a resolver os problemas.

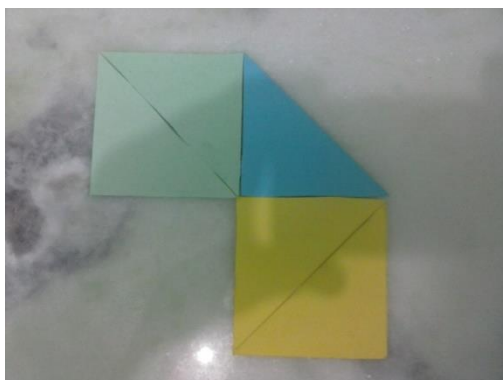
Nas atividades com os fractais – Conjunto de Cantor e Triângulo de Sierpinski - os alunos realizavam dobras e cortes na folha para cada iteração. Como a construção exigia conhecimento de ponto médio, simetria, noção intuitiva de distância, uns faziam cortes menores, outros mais largos, dando o caráter de imprecisão na construção geométrica

Para o Conjunto de Cantor, foram realizados recortes e anotados o número total e de novos paralelepípedos formados e o número de iterações numa tabela. O propósito foi deduzir a fórmula que determinasse a quantidade de paralelepípedos novos a cada nova iteração, que é 2^{n-1} . Uma dificuldade encontrada foi a de abstrair uma fórmula que determinasse a quantidade de paralelepípedos.

Na aula seguinte, trabalhamos a construção do fractal Triângulo de Sierpinski, explicando o porquê do nome, momento que permitiu a abordagem de um recorte da história da matemática. Para esse fractal não houve dificuldade, todos os alunos conseguiram fazer. Como nele há vários triângulos equiláteros, estudamos as propriedades desse tipo de triângulo e também a infinidade deles se tivéssemos uma folha com dimensões infinitas.

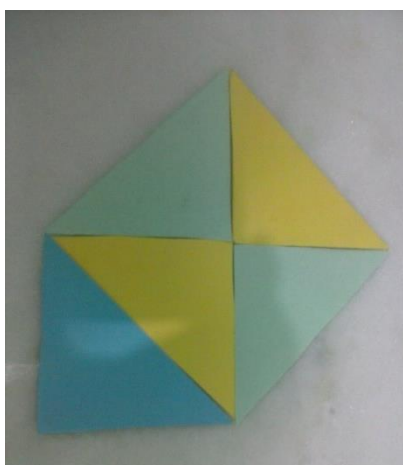
Continuando a sequência didática, enunciamos o teorema de Pitágoras, fizemos a demonstração desse teorema com material concreto – as peças do Tangram. Inicialmente, abordou-se a história de Pitágoras e da irmandade pitagórica. Para provar o teorema de Pitágoras, usamos a maneira típica: as áreas de quadrados sobre os lados do triângulo retângulo. Foi solicitado aos alunos que formassem a figura abaixo com os triângulos do tangram. Os alunos criaram um quadrado em cada cateto e depois os reorganizaram sobre a hipotenusa, provando o teorema. Desta maneira, eles puderam fazer uma demonstração sem recorrer a fórmulas ou manipulações algébricas.

Figura 2: Demonstração do Teorema de Pitágoras



Fonte: Os autores

Figura 3: Demonstração do Teorema de Pitágoras



Fonte: Os autores

Para encerrar as atividades didáticas, trabalhamos com o número de ouro. Inicialmente foi apresentado o valor do número de ouro com a letra grega que o representa, bem como a maneira de encontrá-lo pelo segmento áureo, em média e extrema razão. Novamente recorreu-se a momentos da história da matemática para explorar melhor as manifestações da razão áurea na geometria, na natureza e nas artes. Em seguida, a turma foi dividida em grupos e entregue uma fita métrica, para que, dois a dois alunos, tirassem as medidas uns dos outros e anotassem. Feito isso, foi explicado que o número de ouro está relacionado ao ideal de beleza na concepção dos intelectuais renascentistas e ainda até hoje quando um determinado corpo ou objeto está em média e extrema razão, é dito perfeito.

A partir dos conceitos renascentistas foi proposto o seguinte: proposto o seguinte: avaliar o padrão de beleza dos alunos pela aproximação do número de ouro,

quando calculada a razão via coleta das medidas da face de cada uma deles. É possível perceber que nesta atividade os alunos puderam analisar números racionais e irracionais e fazer estimativas usando valores por eles obtidos.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho versou sobre o uso de material manipulável como recurso didático em sala de aula tendo em vista a aquisição de competências matemáticas, em especial, geométricas, pelos alunos do nono ano do ensino fundamental. Com este trabalho, foi possível concluir que o uso de materiais manipuláveis nas aulas de matemática, mais especificamente, nas aulas de geometria, favorece e fortalece a construção dos conceitos, a linguagem matemática; desenvolve o raciocínio lógico e matemático, a atenção; valoriza o trabalho investigativo e coletivo, o respeito à opinião do outro; conquista a participação e interesse dos alunos; favorece a descoberta, a curiosidade, a reflexão e o trabalho docente. Por outro lado, é importante ressaltar que a qualidade dos resultados dependerá do planejamento e condução do professor e, fundamentalmente, da ação interiorizada do aluno para a construção da autonomia e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALSINA i PASTELLS, Ángel. **Desenvolvimento de Competências Matemáticas com Recursos Lúdico-manipulativas para crianças de 6 a 12 anos: metodologia.** Curitiba: Base Editorial, 2009.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico.** 9.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática. v.3. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CARVALHO, Dione Lucchesi de. **Metodologia do Ensino da Matemática.** 2.ed.rev. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º grau. Série formação de professor).

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LORENZATO, Sergio. Laboratório de ensino de matemática e materiais didáticos manipuláveis. In: LORENZATO, Sergio (org.). **O Laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores.** 3.ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2010. p.03-37. (Coleção Formação de Professores).

PASSOS, Carmen L. Brancaglioni. Materiais manipuláveis como recursos didáticos na formação de professores de matemática. In: LORENZATO, Sergio (org.). **O Laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores.** 3.ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2010. p. 77-92. (Coleção Formação de Professores).

RÊGO, Rômulo M. do; RÊGO, Rogéria G. do. Desenvolvimento e uso de materiais didáticos no ensino de matemático. In: LORENZATO, Sergio (org.). **O Laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores.** 3.ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2010. p. 39-56. (Coleção Formação de Professores).

CAPÍTULO 10

USO DA DEMONSTRAÇÃO DOS FLUXOS DE CAIXA PELOS USUÁRIOS EXTERNOS E PREPARADORES À LUZ DA TEORIA DA DIFUSÃO DA INOVAÇÃO

Marta Cristina Pelucio Grecco

Faculdade FIPECAFI

E-mail: marta.pelucio@fipecafi.org

Fabiana Lopes da Silva

Faculdade FIPECAFI

E-mail: fabiana.silva@fipecafi.org

Atacílio Ferreira Junior

Faculdade FIPECAFI

E-mail: atacilioferreira@bol.com.br

Daniel Rodrigo Bartoletti

Faculdade FIPECAFI

E-mail: daniel.bartoletti@fipecafi.edu.br

Resumo: O presente estudo buscou identificar como os usuários externos e preparadores perceberam a substituição da DOAR pela DFC e qual a intensidade de utilização, além de quais outras informações contábeis, eles julgam ser mais importantes na análise de uma entidade. Para isso foi aplicado um questionário do tipo exploratório a um público presente no evento da ANEFAC (Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade) realizado na cidade de São Paulo. Com embasamento teórico foram utilizados os fundamentos da Teoria da Difusão da Inovação, Teoria da Ação Racional e Teoria da Divulgação Voluntária. Os resultados obtidos mostraram que a substituição da DOAR pela DFC foi benéfica para este público, pois agregou relevância as informações contábeis, além disso a DFC ficou classificada entre as cinco informações contábeis mais utilizadas na análise de uma entidade.

Palavras-chave: Demonstração dos Fluxos de Caixa; Divulgação Voluntária; DFC DOAR.

Abstract: The present study sought to identify how external users and preparers perceived the replacement of DOAR by DFC and the intensity of use, in addition to what other accounting information, they believe to be more important in the analysis of an entity. For this purpose, an exploratory questionnaire was applied to an audience present at the ANEFAC (National Association of Finance, Administration and Accounting Executives) held in the city of São Paulo. With a theoretical basis, the foundations of the Theory of Diffusion of Innovation, Theory of Rational Action and Theory of Voluntary Disclosure were used. The results obtained showed that the replacement of DOAR by DFC was beneficial for this audience, as it added relevance to the accounting information, in addition the DFC was classified among the five most used accounting information in the analysis of an entity.

Keywords: Applicability on Statement of Cash Flows ; Voluntary Disclosure ; SCF.

1. INTRODUÇÃO

Em função do processo de convergência brasileiro às normas internacionais de contabilidade (IFRS – International Financial Reporting Standards), o conjunto completo de demonstrações contábeis foi modificado. A demonstração do resultado abrangente (DRA), a demonstração dos fluxos de caixa (DFC) e a demonstração do valor adicionado (DVA) passaram a ser exigidas e a demonstração de origens e aplicações de recursos (DOAR) deixou de ser obrigatória (Antunes, Pelucio-Grecco, Formigoni, & Mendonça Neto, 2012).

Neste cenário a própria Comissão de Valores Mobiliários (CVM) afirmou que a obrigatoriedade da DFC diz respeito à necessidade de adaptação aos mercados globais, melhorando na medida em que harmoniza as práticas nacionais frente as internacionais, resultando em um aumento de competitividade das empresas brasileiras, tendo em vista que a análise ocorrerá de forma mais facilitada pelos investidores estrangeiros (Santos, 2006).

A obrigatoriedade da DFC pode ser entendida como uma inovação, pois conforme Rogers (2003), inovação refere-se a ideias, práticas ou objetos percebidos como novos pelo adotante. Nota-se que o conceito é bastante amplo e não se refere a algo inédito, mas sim a algo percebido como novo pelo usuário.

De acordo com a inovação mais recente com o posicionamento dos autores Tidd, Bessant e Pavitt (2005), a inovação não implica necessariamente a criação, produção e comercialização apenas dos maiores avanços, daquilo que é tido como o estado da arte em tecnologia, conhecido por inovação radical, mas também pode incluir mudanças em pequena escala nas tecnologias já utilizadas, caracterizando uma melhoria, mudança gradativa ou inovação incremental.

Com base nesse contexto, o objetivo deste artigo é identificar como os usuários externos e preparadores percebem a utilização da DFC durante análise da capacidade de geração de caixa de uma entidade, em conformidade com as IFRS, à luz da Teoria da Difusão da Inovação (Diffusion of Innovation - DOI) de acordo com o autor Rogers (2003).

O que fomentou a realização da presente pesquisa foi a necessidade de compreensão do processo de tomada de decisão com base na DFC e da sua relevância para o usuário externo, apontando os seus conceitos, metodologias

aplicadas tanto no formato direto quanto no formato indireto, fluxos de caixa operacionais, definições legislativas e adoção das normas internacionais de contabilidade International Financial Reporting Standards (IFRS), o que acarretou mudanças em relação aos procedimentos contábeis, bem como alterações na forma de proceder às Demonstrações Financeiras (Salotti, & Santos, 2015).

Conseqüentemente, tornou-se obrigatória a elaboração da DFC e da DVA apenas para as companhias de capital aberto e para outras companhias que tenham patrimônio líquido superior a 2 milhões de reais. Porém, antes de se tornarem obrigatórias, a DVA e a DFC, já eram incentivadas pela CVM a partir do final dos anos 90 (Salotti, & Santos, 2015; Salotti, & Yamamoto, 2008).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A contabilidade é importante para o amadurecimento empresarial, tendo em vista que ela demonstra o desempenho de uma empresa a medida em que ela serve de instrumento informacional para que os usuários externos tomem decisões maximizando os resultados positivos e minimizando os negativos.

De acordo com Sá (2002, p. 46), a contabilidade é definida “como a ciência que estuda os fenômenos patrimoniais, preocupando-se com realidades, evidências e comportamento dos mesmos, em relação à eficácia funcional das células sociais” e conforme o entendimento do mesmo autor “tal definição, estabelece os limites, objeto e natureza do estudo da ciência contábil”.

Além disso, vale ressaltar que, no entendimento de Ludícibus (1999, p. 52), “o objetivo da contabilidade é de fornecer informação estruturada de natureza econômica, financeira, e subsidiariamente, física, de produtividade e social, aos usuários interno e externos à entidade objeto de contabilidade”.

Por fim, Padoveze (2007, p. 29) acrescenta que a contabilidade objetiva “o controle de um patrimônio”, sendo desta forma, importante para a rotina financeira das empresas e essencial no que diz respeito a sua evolução, mais especificamente no controle do patrimônio empresarial.

No entendimento do autor Santos (2001, p. 57), o fluxo de caixa é “um instrumento de planejamento financeiro que tem por finalidade fornecer estimativas da situação de caixa da empresa em determinado período de tempo à frente”.

Ressalta ainda que a “necessidade de planejamento de caixa está presente tanto nas empresas com dificuldades financeiras, como naquelas bem capitalizadas”.

O fluxo de caixa é um instrumento que auxilia a gestão da empresa em seu planejamento e controle das decisões e evidencia as entradas e saídas de valores monetários, não podendo ser confundido com o fluxo de caixa com circulação da conta caixa na contabilidade.

De acordo com Assaf Neto e Silva (1997, p. 38) fluxo de caixa “é um processo pelo qual a empresa gera e aplica seus recursos de caixa determinados pelas várias atividades desenvolvidas”, onde as atividades da empresa dividem-se em operacionais, de investimento e de financiamento.

A DFC é relevante para a gestão financeira, tendo em vista que, segundo Perez Júnior e Begalli (1999), este tipo de demonstração demonstrou ser de extrema utilidade para inúmeros fins, dada sua simplicidade e abrangência, principalmente nos aspectos que influenciam as decisões dos usuários externos.

Neste sentido, complementa Ludícibus (1999, p. 218) a respeito da DFC, que ela demonstra a origem e a aplicação de todo o dinheiro que passou pelo caixa em um determinado período e o respectivo resultado deste fluxo.

2.1 Importância da Demonstração dos Fluxos de Caixa

A Demonstração dos Fluxos de Caixa é um instrumento que possibilita mostrar de forma direta ou indireta as mudanças ocorridas no caixa da empresa, demonstrando as entradas e saídas de dinheiro, ou seja, os reflexos no caixa da empresa. Desde o momento que sai da demonstração de resultados até o balanço patrimonial.

O objetivo primário da DFC é prover informações relevantes sobre pagamentos e recebimentos em dinheiro de uma empresa, ocorridos num determinado período. Ela deve seguir orientações do *Financial Accounting Standards Board* (FASB), órgão normatizador das práticas contábeis americanas e do *International Accounting Standards Board* (IASB), órgão que estabelece normas internacionais de contabilidade, as quais vêm sendo progressivamente adotadas por vários países, inclusive no Brasil.

De acordo com a CVM n.º 547 de 13 de agosto de 2008, a DFC, quando usada em conjunto com as demais demonstrações contábeis, proporciona informações que habilitam os usuários a avaliar as mudanças nos ativos líquidos de uma entidade, sua estrutura financeira e sua capacidade para alterar os valores e prazos dos fluxos de caixa, a fim de adaptá-los às mudanças nas circunstâncias e oportunidades. A Demonstração dos Fluxos de Caixa também melhora a comparabilidade dos relatórios de desempenho operacional para diferentes entidades porque reduz os efeitos decorrentes do uso de diferentes tratamentos contábeis para as mesmas transações e eventos.

A DFC demonstra a variação líquida do saldo contábil do caixa e equivalentes ao caixa num período reportado, detalhando os recebimentos e pagamentos que causaram essa variação. Com isso, aponta a necessidade de captar empréstimos ou aplicar excedentes de caixa em operações rentável com a finalidade de buscar a eficácia financeira e administrativa das empresas.

Na DFC são apresentadas a origem e a aplicação de todo o dinheiro que transitou pelo caixa em um determinado período e o resultado desse fluxo, sendo que o caixa engloba as contas caixas e bancos, evidenciando as entradas e saídas de valores monetários no decorrer das operações que ocorrem ao longo do tempo nas organizações segundo.

2.1.1 Vantagens da Demonstração dos Fluxos de Caixa

Como consequência da adoção das normas internacionais, o país passou a exigir a elaboração da Demonstração dos Fluxos de Caixa para empresas de capital aberto e empresas de capital fechado, com patrimônio líquido superior dois milhões de reais (Lei nº 11.638, 2007). As primeiras divulgações da Demonstração do Fluxo de Caixa datam de meados da década de 1980, elaboradas primeiramente no Canadá, seguido por países como Estados Unidos, Reino Unido, França e Alemanha (Salotti, & Yamamoto, 2008).

A DFC evidencia o confronto entre as entradas e saídas de caixa, permitindo à administração da empresa decidir com antecedência se a empresa deve tomar recursos ou aplicá-los e, ainda, avalia e controla ao longo do tempo as decisões importantes que são tomadas na empresa e seus reflexos monetários. O surgimento

do demonstrativo pode ser creditado à necessidade das empresas de prestarem informações, de forma mais simples e eficaz, aos usuários, relativo aos seus aspectos financeiros e econômicos (Braga, & Marques, 2001; Theófilo, 1998).

A carência de informações referente à capacidade de geração de caixa era crescente entre os investidores, fomentando, assim, a inserção da Demonstração dos Fluxos de Caixa em meio às Demonstrações Financeiras obrigatórias pela legislação societária (Braga e Marques, 2001; Theófilo, 1998).

Apesar de a DFC tornar-se obrigatória apenas com o advento da harmonização das demonstrações contábeis, muitas empresas publicavam-na voluntariamente, de acordo com Salotti e Yamamoto (2008), também para algumas organizações, a evidenciação já acontecia, em virtude de terem seus títulos negociados na Bolsa de Valores em países cuja demonstração já era exigida Macedo et al, 2011; Salotti; Yamamoto, 2008 sentenciaram que a divulgação voluntária, à época, ganhava força em virtude do conteúdo informacional que a demonstração apresentava e pelo fato de, a partir de sua publicação, as empresas demonstrarem expressiva redução da desigualdade de informações.

Braga e Marques (2001) destacaram que a DFC traz, em seu conteúdo, informações em relação ao fluxo financeiro e oferece elementos para a avaliação da capacidade de pagamentos liquidez. Alicerçado por Macedo et al. (2011), por intermédio dos subsídios fornecidos pela DFC, considera-se ser possível colher informações em relação ao quadro de solvência empresarial durante um determinado período. Isso é alcançado uma vez que as informações geradas se dão, especificamente, quanto às variações ocorridas no caixa da empresa.

Várias pesquisas foram realizadas sobre a utilização da DFC como divulgação voluntária e a sua relevância informacional (Macedo et al., 2011; Salotti & Yamamoto, 2008; Borsato, Pimenta, & Lemes, 2009).

Discorre-se sobre os estudos de Salotti e Yamamoto (2008) que pesquisaram, a partir da Teoria da Divulgação Voluntária, os determinantes da divulgação da DFC por empresas brasileiras; e, como resultado, evidenciaram que este procedimento tem forte correlação com a teoria do *disclosure* voluntário e, ainda, que tem relação positiva com o desempenho da empresa. Macedo et al. (2011) analisaram ter havido impacto informacional a partir a teoria da *value relevance*, em relação à substituição da Demonstração de Origens e Aplicações de Recursos pela Demonstração dos

Fluxos de Caixa. Os resultados encontrados apontaram que a DFC acrescentou mais relevância às informações contábeis em relação a DOAR.

Em relação à estrutura da Demonstração do Fluxo de Caixa, a conta caixa é entendida como dinheiro em espécie, depósitos bancários e aplicações financeiras de rápida conversão em dinheiro. Os autores Braga e Marques (2001) ressaltaram que o demonstrativo é dividido em três aspectos, ou atividades: Atividades Operacionais, Atividades de Investimentos e Atividades de Financiamentos.

Para os autores Salotti e Yamamoto (2008) perfazem que, a partir da somatória desses fluxos, encontram-se as variações líquidas e são somadas às variações dos exercícios anteriores nesse caso, o saldo final do caixa.

As atividades operacionais compreendem todas as movimentações da conta caixa em relação ao objeto social em que a empresa está inserida. Atividades de investimentos dão-se a partir das variações da conta caixa com itens utilizados para dar suporte às atividades operacionais, ou para a realização de bens ou serviços.

As atividades de financiamentos traduzem as movimentações do caixa em relação aos capitais que financiaram as atividades empresariais, tais como capitais próprios e algumas exigibilidades (Braga e Marques, 2001; Salotti e Yamamoto, 2008).

Outras vantagens são de prover informações sobre a situação financeira e a possibilidade de utilização da demonstração de fluxos de caixa por um número muito mais ampliado de usuários, para o autor Afonso (1999, p. 22).

2.1.1.1 Teoria da Divulgação Voluntária

O desenvolvimento evolutivo empresarial levou a disjunção entre controle e propriedade, onde os proprietários passaram a contratar profissionais especializados, denominados pela teoria de agentes, para então gerir os seus empreendimentos.

A sua principal responsabilidade do agente na relação com o seu contratante, foi denominado de principal. razão pela qual, os interesses econômicos do agente acabaram aparecendo nessa relação, visto que esse possui informações privilegiadas sobre o negócio, devido a sua função de gestor.

Essa relação entre agente e principal é denominada de relação de agencia sobre a qual foi desenvolvida a teoria da agencia.

Os autores Jensen e Meckling (1976) definem uma relação de agência como um contrato, sob o qual uma ou mais pessoas (principal) envolvem outra pessoa (agente) para realizar um serviço em seu nome, descrevendo uma situação de autoridade delegada ao agente, nesse papel o investidor.

O principal pode agir de modo a limitar as divergências de seu interesse através do estabelecimento de incentivos ou acarretando custos de monitoramento destinados a limitar as atividades do agente.

Já sob a ótica do autor Lambert (2001), a teoria da agência tornou-se atraente aos pesquisadores contábeis, pois desta forma permite a incorporação de conflitos de interesse, problemas de incentivo e mecanismos para controlar problemas.

Os sistemas contábeis produzem numerosas informações financeiras e isso ajuda as pessoas a interagirem com as organizações. Segundo autor Bromwich (2006), a perspectiva econômica da teoria de agência tem fornecido importantes contribuições para a contabilidade gerencial e entre elas estão uso de medidas financeiras. Conforme a estrutura conceitual básica das IFRS, o investidor é colocado como um dos usuários das informações geradas pelos indicadores financeiros, na perspectiva econômica da teoria da agência, no papel de principal.

2.1.1.2 Teoria da Ação Racional

Os autores Fishbein e Ajzen (1975) distinguem quatro conceitos que são pontos-chave em sua teoria: atitude, crença, intenção e comportamento. Consideram que a definição de cada uma dessas variáveis, deve ser precisa de forma a eliminar interpretações divergentes e, ao mesmo tempo, trazer claras implicações para suas medidas, evitando, com isso, a escolha arbitrária delas.

Para esses investigadores, as crenças referem-se à informação que o indivíduo tem a respeito do objeto da atitude. Especificamente, cada crença liga um objeto a um atributo, sendo que o primeiro pode ser constituído por conceitos, comportamentos, pessoas, eventos etc.; e o segundo, por características, qualidades, consequências, eventos etc.

A força da associação do objeto com o atributo é denominada de força da crença, ou seja, o grau em que um indivíduo acha provável ou acredita que um objeto esteja ligado a um dado atributo. Isso implica que a crença deva ser medida,

colocando-se o sujeito ao longo de uma dimensão de probabilidade subjetiva, envolvendo a associação de um objeto a um atributo.

A intenção refere-se ao propósito que um indivíduo tem de desempenhar um comportamento. O grau em que ele considera que vai desempenhar determinado comportamento é denominado de força da intenção e pode ser medido colocando-se o indivíduo ao longo de uma dimensão de probabilidade subjetiva, envolvendo ele próprio e algum comportamento.

O termo comportamento, utilizado nesta teoria, refere-se unicamente a ações observáveis do sujeito, havendo tanto cuidado com sua definição e medida como no caso dos três outros conceitos descritos.

A base da estrutura conceitual da teoria é provida pela distinção entre seus quatro elementos. No entanto, o principal interesse da estrutura conceitual é dirigido às relações entre eles.

A Teoria da Ação Racional (TRA), possui grande suporte empírico que a faz destacar-se entre as teorias atuais do gênero. Podem ser citados vários trabalhos que comprovam suas proposições, abrangendo diversas áreas de estudo: sobre o comportamento do consumidor; o de Fishbein, Ajzen e Hinkle (1980) acerca do comportamento de votar; o de Sejwacz, Fishbein e Ajzen (1980).

2.1.1.3 Teoria da Difusão das Inovações

De acordo com Rogers (2003), inovação refere-se a ideias, práticas ou objetos percebidos como novos pelo adotante. Nota-se que o conceito é bastante amplo e não necessariamente refere-se a algo inédito, mas sim a algo percebido como novo pelo usuário.

Dessa forma, a análise da aceitação da Demonstração dos Fluxos de Caixa será efetuada à luz da Teoria das Difusão das Inovações.

A DOI define as seguintes características percebidas que influenciam na adoção de uma inovação tecnológica: (a) Vantagem Relativa, ou seja, quanto mais a inovação é percebida como melhor que seu precursor, maior a chance de ser adotada; (b) Compatibilidade, isto é, a inovação é percebida como consistente com valores, necessidades e experiências dos usuários potenciais; (c) Complexidade, que se refere ao grau de dificuldade de uso de uma inovação. Esse aspecto dificulta a adoção de

uma inovação; (d) Observabilidade ou visibilidade de seus benefícios, ou seja, o grau de como os resultados de uma inovação são observados; (e) Experimentação, isto é, grau em que a inovação pode ser testada ou experimentada antes da adoção.

Rogers (2003) ainda sugere outras variáveis ligadas a fatores internos às organizações, que também contribuem para a adoção da inovação, como o tipo de decisão pela inovação, isto é, o processo mental que vai desde o conhecimento inicial da inovação, a formação da atitude em relação à inovação, a decisão de adotá-la ou rejeitá-la, a implementação e a confirmação da decisão.

Outros fatores importantes são a natureza dos canais de comunicação pelo qual a inovação é introduzida na entidade, a natureza do sistema social envolvido e o papel do agente de mudança nesse processo.

Os autores Moore e Benbasat (1991) acrescentam outras características percebidas que influenciam na adoção de uma inovação tecnológica: (i) Imagem, ou seja, grau em que o uso da inovação é percebido para melhorar a imagem de uma entidade, que pode ser entendida como um aspecto da característica Vantagem Relativa de Rogers; (ii) Uso voluntário, isto é, a percepção do usuário de ser livre na decisão da implementação da inovação.

No entanto, o senso comum e a experiência indicam que há níveis de voluntariado em relação ao comportamento na entidade. Por isso, os autores mencionam a percepção de uso voluntário e não um uso voluntário real da inovação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa descritiva foi desenvolvida com base em dados primários, extraídos por meio de questionário, com questões fechadas. A população é composta por profissionais brasileiros de finanças, administração e contabilidade. A amostra foi constituída por associados da Anefac – Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade. O questionário foi aplicado no decorrer do mês de maio de 2019.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionário impresso disponibilizado em mãos, sem identificação dos respondentes que aceitaram participar da pesquisa como voluntários. As variáveis dos estudos foram destacadas utilizando como base DOI e TRA, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis de estudo, questões e fundamentação teórica

Variáveis do Estudo	Fundamentos Teóricos
Idade, sexo, cidade e estado do trabalho, atividade e tamanho da empresa, graduação e pós-graduação, ocupação.	TRA - variáveis demográficas
1) Escolha qual a informação contábil você julga mais importante para tomada de decisões para o usuário externo.	DOI - Avaliação
2) Sua empresa divulga/publica a Demonstração de Fluxo de Caixa	DOI - Imagem
3) Qual o método de apresentação da Demonstração de Fluxo de Caixa você julga melhor para utilizar no processo de tomada de decisões:	DOI - Avaliação
4) Qual seu conhecimento da DFC?	DOI - Avaliação
5) Qual seu uso da DFC?	DOI - uso voluntário
6) A substituição da obrigatoriedade de apresentação da DOAR pela DFC, agregou valor ao meu dia-a-dia, ou, nas demonstrações contábeis no tocante a tomada de decisões.	DOI - Observabilidade
7) A DFC tornou-se indispensável em minhas análises.	DOI - Observabilidade
8) O sistema da minha empresa está preparado (parametrizado) para gerar automaticamente a DFC.	DOI - Complexidade
9) Tenho dificuldade na elaboração ou análise da DFC.	DOI - Complexidade
10) Ao analisar a DFC tenho melhor compreensão em identificar as melhores alternativas para conseguir atingir as metas financeiras da empresa.	DOI - Observabilidade
11) A DFC traz benefícios na análise e verificação da capacidade de geração de caixa da empresa.	DOI - Avaliação
12) Tive dificuldade na adoção inicial da DFC.	DOI - Complexidade
13) Tenho dificuldade de entendimento da DFC em minhas análises.	DOI - Complexidade
14) Eu já utilizava a DFC, mesmo antes de sua obrigatoriedade, pois essa informação é primordial para minhas análises.	DOI - uso voluntário
15) Eu utilizava a DOAR em minhas análises e a dispensa de obrigatoriedade dessa informação foi prejudicial para mim.	DOI - Observabilidade
16) Os bancos com os quais trabalho estão exigindo as demonstrações contábeis em conformidade com as normas contábeis atualmente aplicáveis.	DOI - Compatibilidade
17) Os clientes com os quais trabalho estão exigindo as demonstrações contábeis em conformidade com as normas contábeis atualmente aplicáveis.	DOI - Compatibilidade
18) Os fornecedores com os quais trabalho estão exigindo as demonstrações contábeis em conformidade com as normas contábeis atualmente aplicáveis.	DOI - Compatibilidade
19) Não confio em demonstrações contábeis não auditadas.	TRA - variáveis demográficas
20) A publicação de demonstrações contábeis gera benefício que supera o custo de publicação.	DOI - Vantagem relativa

Fonte: Os autores

3.1 Perfil dos entrevistados

Foram obtidas 51 respostas completas, sendo 14 preparadores (P) e 37 usuários externos (U). A maioria dos entrevistados é do sexo masculino (84%) e trabalha na cidade de São Paulo (84%), (55%) deles têm mais de 45 anos. A maioria possui graduação em Ciências Contábeis (69%), além de pós-graduação e/ou especialização (98%), e (51%) declararam ter mestrado e/ou doutorado. Na tabela 2, a distribuição do perfil dos entrevistados é descrita em duas categorias estudadas.

Tabela 2: Perfil pessoal dos entrevistados

	P	U
Total	14 (27,45%)	37 (72,55%)
SEXO		
Masculino	12 (23,53%)	31 (60,78%)
Feminino	2 (3,92%)	6 (11,76%)
IDADE		
Até 25 anos	0 (0%)	0 (0%)
entre 26 e 35 anos	1 (1,96%)	6 (11,76%)
entre 36 e 45 anos	3 (5,88%)	13 (25,49%)
mais de 45 anos	10 (19,61%)	18 (35,29%)
Estado da empresa		
SP	12 (23,53%)	31 (60,78%)
RJ	1 (1,96%)	2 (3,92%)
PR	0 (0%)	1 (1,96%)
RS	0 (0%)	2 (3,92%)
MG	1 (1,96%)	0 (0%)
DF	0 (0%)	1 (1,96%)
Formação acadêmica		
Ciências Contábeis	13 (25,49%)	22 (43,14%)
Administração de Empresas	1 (1,96%)	7 (13,73%)
Economia	0 (0%)	4 (7,84%)
Engenharia	0 (0%)	3 (5,88%)
Psicologia	0 (0%)	1 (1,96%)
Pós Graduação		
Especialização e /ou Pós Graduação e/ou MBA	14 (18,42%)	36 (47,37%)
Mestrado e/ou Doutorado	3 (3,95%)	23 (30,26%)

Fonte: Os autores

Quanto à área profissional, os entrevistados atuam em pequenas e médias empresas ou em grandes empresas (empresas listadas ou não). Os preparadores (P) trabalham todos na área contábil, e (11,76%) deles ocupam o cargo de gerência, (3,92%) são analistas, e outros (11,76%) ocupam cargos variados. Já os usuários

externos são principalmente tomadores de decisões (37,84%), auditores (21,62%), consultores (18,92%), e outros usuários (21,62%), a grande maioria (52,94%) são diretores, e outros (19,61%) são gerentes:

Tabela 3: Atuação profissional dos entrevistados

	P	U
Total	14 (27,45%)	37 (72,55%)
Atividade preponderante da empresa		
Indústria	1 (1,96%)	6 (11,76%)
Comércio	1 (1,96%)	2 (3,92%)
Serviço	11 (21,57%)	27 (52,94%)
Terceiro Setor	0 (0%)	2 (3,92%)
Outros	1 (1,96%)	0 (0%)
Receita bruta anual		
Faturamento anual até R\$ 4.800.000,00 (microempresa)	0 (0%)	12 (23,53%)
Faturamento anual entre R\$ 4.800.000,01 até R\$ 300.000.000,00 (pequena e média empresa)	4 (7,84%)	17 (33,33%)
Faturamento anual superior a R\$ 300.000.000,00 (empresa de grande porte)	10 (19,61%)	8 (15,69%)
Identifique sua principal área de atuação		
Preparador (elaborador) de demonstrações financeiras	14 (100%)	0 (0%)
Auditor de demonstrações financeiras	0 (0%)	8 (21,62%)
Usuário de demonstrações financeiras para tomada de decisões	0 (0%)	14 (37,84%)
Outros. Identificar: Consultor	0 (0%)	7 (18,92%)
Outros. Identificar: Diversos	0 (0%)	8 (21,62%)
Identifique seu cargo profissional neste momento		
Diretoria	0 (0%)	27 (52,94%)
Gerência	6 (11,76%)	10 (19,61%)
Analista	2 (3,92%)	0 (0%)
Outros. Identificar: Diversos	6 (11,76%)	0 (0%)

Fonte: Os autores

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E TRATAMENTO ESTATÍSTICO

4.1 Importância das demonstrações contábeis

Na opinião dos entrevistados, a DFC consolidada e individual ocupam a quarta e quinta posição respectivamente no grau de importância dentre dezenove tipos de demonstrações financeiras listadas, enquanto que a DOAR individual foi citada por apenas três respondentes, ficando na décima segunda posição, e a DOAR

consolidada sequer foi elegida, vide tabela 4 fato que indica a importância da DFC quando na análise da saúde financeira de uma entidade e que a DOAR já está em desuso, conforme destacado por Lustosa (1997, p.35):

No fundo, o investidor e o credor estão interessados em estimar o caixa futuro que a empresa é capaz de produzir. Esta tarefa, extremamente complexa dado o número de variáveis aleatórias envolvidas e de incerteza presente em qualquer avaliação que se faça sobre o futuro, é facilitada pela quantidade e qualidade das informações disponíveis. Maior quantidade de informações, menor o nível de incertezas ao se apostar em um negócio.

Devido à praticidade e abrangência com que evidencia os aspectos financeiros, a DFC é de extrema aplicabilidade, pois informa e evidencia aos seus usuários a capacidade da empresa de gerar fluxo de caixa positivo, pagar dividendos, honrar com suas dívidas, analisar alternativas de investimento e avaliar as situações presente e futura do caixa da empresa, permitindo adequar para não chegar em situação de insolvência.

A apresentação é feita através do fluxo de recursos financeiros, onde se demonstra a origem e a aplicação de todo o dinheiro que passou pelo caixa em determinado período e o resultado desse fluxo. Diversas situações de insolvência ou iliquidez ocorrem por falta de um bom gerenciamento do fluxo de caixa. Dessa forma, de acordo com Ludícibus (1998, p.79), “por falta de demonstração do fluxo de caixa previsto, uma empresa rentável pode ter sua falência requerida por não ter fundos disponíveis em determinado período para pagar suas contas.”

Tabela 4: Informação contábil para tomada de decisões

Informação contábil	1	2	3	4	5	Min	Max	Moda
Notas Explicativas	11 (27,5%)	2 (5%)	8 (20%)	9 (22,5%)	10 (25%)	1	5	1
DRE Consolidado	11 (31,43%)	10 (28,57%)	8 (22,86%)	5 (14,29%)	1 (2,86%)	1	5	1
BP Consolidado	4 (11,43%)	12 (34,29%)	8 (22,86%)	6 (17,14%)	5 (14,29%)	1	5	2
DFC Consolidado	6 (18,75%)	8 (25%)	7 (21,88%)	4 (12,5%)	7 (21,88%)	1	5	2
DFC Individual	5 (23,81%)	5 (23,81%)	6 (28,57%)	3 (14,29%)	2 (9,52%)	1	5	3
DRE Individual	5 (25%)	4 (20%)	7 (35%)	2 (10%)	2 (10%)	1	5	3
Relatório da Administração	1 (5%)	2 (10%)	2 (10%)	6 (30%)	9 (45%)	1	5	5
BP Individual	6 (37,5%)	3 (18,75%)	1 (6,25%)	6 (37,5%)	0 (0%)	1	4	1 4
DMPL Consolidado	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (40%)	6 (60%)	4	5	5

DVA Consolidado	1 (16,67%)	0 (0%)	2 (33,33%)	2 (33,33%)	1 (16,67%)	1	5	3 4
Relatório de Sustentabilidade	0 (0%)	1 (25%)	0 (0%)	1 (25%)	2 (50%)	2	5	5
DOAR Individual	0 (0%)	2 (66,67%)	1 (33,33%)	0 (0%)	0 (0%)	2	3	2
DRA Consolidado	1 (33,33%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (33,33%)	1 (33,33%)	1	5	1 4 5
DLPA Consolidado	0 (0%)	1 (33,33%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (66,67%)	2	5	5
DRA Individual	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (50%)	1 (50%)	4	5	4 5
DLPA Individual	0 (0%)	1 (50%)	1 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	2	3	2 3
DMPL Individual	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)	4	4	4
DVA Individual	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0	0	5
DOAR Consolidado	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0	0	0

Fonte: Os autores

Com relação à divulgação do fluxo de caixa operacional, existem dois métodos disponíveis, sendo: métodos direto e indireto. Através do método direto, a DFC apresenta quanto entrou e quanto saiu de dinheiro no caixa. Já o método indireto, parte do lucro líquido apurado, excluindo todas as receitas, adicionando todas as despesas que não afetaram o caixa ou que se referem às atividades de investimento e financiamento, ajustando os efeitos de todos os diferimentos ou apropriações por competência sobre recebimentos ou pagamentos de caixa decorrentes das atividades operacionais passadas ou futuras (Macedo, Machado, Murcia, & Machado, 2011).

De uma maneira bastante simples, o método indireto é uma forma de demonstrar a razão da diferença entre o lucro líquido e o fluxo de caixa, ou entre o resultado econômico e o resultado financeiro do período.

O Pronunciamento Técnico CPC 03 faculta a utilização tanto do método direto quanto do método indireto, entretanto, exige das empresas que optarem por utilizar o método direto, que conciliem o lucro líquido e o fluxo de caixa líquido das atividades operacionais.

A opinião dos entrevistados com relação ao melhor método para apresentação da DFC, é bastante semelhante entre os métodos direto (25,49%) e indireto, e para (27,45%) deles, é indiferente um ou outro, além de (9,8%) não saberem responder:

Tabela 5: Importância da DFC no processo de tomada de decisão

3) Qual o método de apresentação da Demonstração de Fluxo de Caixa você julga melhor para utilizar no processo de tomada de decisões:	fabs f%
Método direto.	13 (25,49%)
Método indireto.	14 (27,45%)
Indiferente, ambos são úteis.	19 (37,25%)
Não sei dizer.	5 (9,8%)

Fonte: Os autores

4.2 Divulgação e auditoria

Na tabela 6, (29,41%) dos entrevistados declaram que publicam e/ou divulgam a DFC por obrigatoriedade, (13,73%) declaram que publicam e/ou divulgam a DFC voluntariamente, (33,33%) deles não publicam a DFC pela falta de obrigatoriedade por ser de capital fechado e/ou pelo porte da empresa, e ainda (23,53%) disseram não publicar devido outros motivos.

Tabela 6: Evidenciação da DFC

2) Sua empresa divulga/publica a Demonstração de Fluxo de Caixa	fabs f%
Sim, por obrigatoriedade	15 (29,41%)
Sim, voluntariamente.	7 (13,73%)
Não, pois a empresa é de capital fechado, com Patrimônio Líquido menor que R\$ 2 milhões, portanto, não possui obrigatoriedade.	17 (33,33%)
Não publica por outros motivos.	12 (23,53%)

Fonte: Os autores

Por outro lado, quando perguntados aos usuários se a publicação de demonstrações contábeis gera benefício que supera o custo de publicação, no intervalo de 0 a 10, (23,53%) atribuiu 10, e a moda também foi 10. Veja tabela 7.

A imagem da empresa (Moore e Benbasat, 1991) e a vantagem relativa (Rogers, 2003) podem ser afetadas pela opção de publicar ou não as demonstrações financeiras.

Tabela 7: Custo e benefício de publicação

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Moda
20) A publicação de demonstrações contábeis gera benefício que supera o custo de publicação.	4 (7,84%)	0 (0%)	3 (5,88%)	3 (5,88%)	6 (11,76%)	3 (5,88%)	5 (9,8%)	8 (15,69%)	7 (13,73%)	12 (23,53%)	1	10	10

Fonte: Os autores

De acordo com a legislação brasileira, grandes empresas devem ser auditadas. No entanto, pode-se perceber que a opinião sobre a confiança em demonstrações financeiras que não são auditadas, não se mostrou um problema para os entrevistados, uma vez que numa escala de 1 a 10, foi observada uma homogeneidade em todas as possibilidades, não sendo possível afirmar que eles só confiaram em demonstrações contábeis auditadas. Veja tabela 8.

Entretanto, esses números mostram a preocupação com a imagem da empresa ou a vantagem relativa de auditar as demonstrações, uma vez que os usuários externos preferem analisar as demonstrações financeiras auditadas. Além disso, a opção de auditar e publicar as demonstrações financeiras está relacionada à observabilidade ou visibilidade dos benefícios que uma inovação pode trazer para a empresa a ser relatada.

Tabela 8: Confiança na auditoria

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Moda
19) Não confio em demonstrações contábeis não auditadas.	5 (9,8%)	1 (1,96%)	3 (5,88%)	3 (5,88%)	7 (13,73%)	7 (13,73%)	3 (5,88%)	8 (15,69%)	5 (9,8%)	9 (17,65%)	1	10	10

Fonte: Os autores

4.3 Percepções quanto ao conhecimento e qualidade na análise da DFC

A grande maioria dos entrevistados afirmou que possui um bom conhecimento da DFC, e que a substituição da DOAR pela DFC agregou valor nas análises do dia a

dia dos mesmos, além de também afirmarem que através da análise da DFC é possível ter uma melhor compreensão em identificar as melhores alternativas para conseguir atingir as metas financeiras da empresa, a maioria também acredita que a DFC traz benefícios na análise e verificação da capacidade de geração de caixa, e, adicionalmente, a maioria deles respondeu não ter dificuldade na elaboração ou análise da DFC, essas afirmações podem ser observadas especialmente pelo resultado da MODA de cada questão. Veja tabela 9.

Tabela 9: DOAR versus DFC

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Moda
4) Qual seu conhecimento da DFC?	2 (3,92%)	0 (0%)	1 (1,96%)	1 (1,96%)	2 (3,92%)	5 (9,8%)	11 (21,57%)	9 (17,65%)	8 (15,69%)	12 (23,53%)	1	10	10
6) A substituição da obrigatoriedade de apresentação da DOAR pela DFC, agregou valor ao meu dia a dia, ou, nas demonstrações contábeis no tocante a tomada de decisões.	3 (5,88%)	1 (1,96%)	4 (7,84%)	2 (3,92%)	9 (17,65%)	6 (11,76%)	5 (9,8%)	7 (13,73%)	5 (9,8%)	9 (17,65%)	1	10	5 10
9) Tenho dificuldade na elaboração ou análise da DFC.	9 (17,65%)	9 (17,65%)	2 (3,92%)	2 (3,92%)	8 (15,69%)	4 (7,84%)	6 (11,76%)	6 (11,76%)	4 (7,84%)	1 (1,96%)	1	10	12
10) Ao analisar a DFC tenho melhor compreensão em identificar as melhores alternativas para conseguir atingir as	2 (3,92%)	1 (1,96%)	0 (0%)	1 (1,96%)	7 (13,73%)	3 (5,88%)	8 (15,69%)	15 (29,41%)	8 (15,69%)	6 (11,76%)	1	10	8

metas financeiras da empresa.													
11) A DFC traz benefícios na análise e verificação da capacidade de geração de caixa da empresa.	1 (1,96%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (9,8%)	4 (7,84%)	8 (15,69%)	10 (19,61%)	9 (17,65%)	14 (27,45%)	1	10	10
13) Tenho dificuldade de entendimento da DFC em minhas análises.	18 (35,29%)	3 (5,88%)	7 (13,73%)	3 (5,88%)	4 (7,84%)	3 (5,88%)	6 (11,76%)	4 (7,84%)	1 (1,96%)	2 (3,92%)	1	10	1

Fonte: Os autores

4.4 Percepções quanto à utilização da DFC

Com relação à utilização da DFC nas análises, a grande maioria afirmou que faz uso atualmente, além de já utilizarem a DFC mesmo antes da obrigatoriedade que vigora desde 01.01.2008 por força da Lei 11.638/2007, responderam também que a DFC tornou-se indispensável em vossas análises, e por outro lado, a dispensa da obrigatoriedade da DOAR não foi prejudicial do ponto de vista das análises da saúde financeira das empresas. Esses dados podem ser observados especialmente pelo resultado da MODA de cada questão. Veja tabela 10.

Tabela 10: Uso da DFC

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Moda
5) Qual seu uso da DFC?	6 (11,76%)	2 (3,92%)	1 (1,96%)	3 (5,88%)	6 (11,76%)	4 (7,84%)	8 (15,69%)	7 (13,73%)	8 (15,69%)	6 (11,76%)	1	10	7 9
7) A DFC tornou-se indispensável em minhas análises.	3 (5,88%)	2 (3,92%)	2 (3,92%)	0 (0%)	6 (11,76%)	10 (19,61%)	8 (15,69%)	8 (15,69%)	4 (7,84%)	8 (15,69%)	1	10	6

14) Eu já utilizava a DFC, mesmo antes de sua obrigatoriedade, pois essa informação é primordial para minhas análises.	6 (11,76%)	5 (9,8%)	3 (5,88%)	1 (1,96%)	4 (7,84%)	4 (7,84%)	4 (7,84%)	10 (19,61%)	4 (7,84%)	10 (19,61%)	1	10	8 10
15) Eu utilizava a DOAR em minhas análises e a dispensa de obrigatoriedade dessa informação foi prejudicial para mim.	16 (31,37%)	3 (5,88%)	5 (9,8%)	5 (9,8%)	9 (17,65%)	6 (11,76%)	2 (3,92%)	1 (1,96%)	2 (3,92%)	2 (3,92%)	1	10	1

Fonte: Os autores

4.5 Percepções quanto à utilização da DFC por alguns stakeholders

Pode-se observar também a percepção dos entrevistados com relação ao nível de utilização da DFC por alguns stakeholders, e nesse sentido, a grande maioria afirmou que os bancos com os quais eles trabalham exigem a DFC, isso se dá para verificar a viabilidade da concessão de crédito à essas empresas; a utilização da DFC também foi percebida com seus clientes, pois a grande maioria deles disseram ser exigidos pelos clientes que apresentem a DFC, o que não parece ter muito sentido, e por outro lado, foi percebida um baixo nível de utilização da DFC pelos seus fornecedores, o que na prática deveria ser ao contrário, uma vez que assim como os bancos, a DFC mostra a capacidade de honrar com seus compromissos de pagamentos, portanto, essas respostas não se mostraram consistentes. Veja tabela 11.

Tabela 11: Uso DFC por bancos, clientes e fornecedores

Fonte: Os autores

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Mo da
16) Os bancos com os quais trabalho estão exigindo as demonstrações contábeis em conformidade com as normas contábeis atualmente aplicáveis.	3 (5,88 %)	1 (1,96 %)	3 (5,88 %)	2 (3,92 %)	6 (11,76 %)	2 (3,92 %)	3 (5,88 %)	6 (11,76 %)	10 (19,61 %)	15 (29,41 %)	1	10	10
17) Os clientes com os quais trabalho estão exigindo as demonstrações contábeis em conformidade com as normas contábeis atualmente aplicáveis.	4 (7,84 %)	1 (1,96 %)	5 (9,8%)	3 (5,88 %)	6 (11,76 %)	5 (9,8 %)	6 (11,76 %)	6 (11,76 %)	6 (11,76 %)	9 (17,65 %)	1	10	10
18) Os fornecedores com os quais trabalho estão exigindo as demonstrações contábeis em conformidade com as normas contábeis atualmente aplicáveis.	9 (17,65 %)	6 (11,76 %)	6 (11,76 %)	3 (5,88 %)	8 (15,69 %)	5 (9,8 %)	4 (7,84 %)	4 (7,84 %)	3 (5,88 %)	3 (5,88 %)	1	10	1

4.6 Percepções quanto automação e adoção da DFC

Do ponto de vista de automação de sistemas para gerar automaticamente a DFC, as opiniões ficaram bastante divididas, com um maior volume nos dois extremos de possibilidades, desde os que concordam totalmente, até os que discordam totalmente, esse fator se deve especialmente ao porte da empresa e o poder de investimento em softwares, por outro lado, apesar disso, a grande maioria respondeu que não tiveram dificuldade na adoção da DFC, portanto, mesmo os que não tinham um processo automatizado, conseguiu preparar tal informação, o que contradiz Rogers (2003), que afirma que a complexidade ou o grau de dificuldade de uso de uma inovação, dificulta sua adoção. Veja tabela 12.

Tabela 12: Dificuldades na adoção da DFC

Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	Moda
8) O sistema da minha empresa está preparado (parametrizado) para gerar automaticamente a DFC.	9 (17,65%)	2 (3,92%)	5 (9,8%)	4 (7,84%)	5 (9,8%)	1 (1,96%)	5 (9,8%)	7 (13,73%)	5 (9,8%)	8 (15,69%)	1	10	1
12) Tive dificuldade na adoção inicial da DFC.	7 (13,73%)	9 (17,65%)	7 (13,73%)	4 (7,84%)	9 (17,65%)	7 (13,73%)	3 (5,88%)	1 (1,96%)	1 (1,96%)	3 (5,88%)	1	10	2,5

Fonte: Os autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais mudanças advindas da Lei 11.638/07, que alterou a Lei 6.404/1976 (Lei das Sociedades por Ações), foi a substituição da Demonstração das Origens e Aplicações de Recursos DOAR pela Demonstração dos Fluxos de Caixa DFC.

Diversas discussões teóricas acerca dessa substituição já vinham sendo realizadas ao longo dos últimos anos, como, por exemplo, Martins (1991) e Lustosa (1997).

O presente trabalho buscou analisar a percepção dos usuários externos e preparadores de demonstrações financeiras quanto a essa substituição e se isso certa

forma foi benéfico para a qualidade da informação contábil quando da análise da saúde financeira de uma entidade.

Considerando esse contexto, foi feita uma pesquisa com um grupo de pessoas que participaram de um evento da ANEFAC, onde através de questionário definido foi possível analisar a real percepção, utilização, conhecimento, aplicação e julgamento da DFC em relação à DOAR.

Os resultados evidenciaram que a DFC é mais relevante que DOAR, pois sugerem que as informações apresentadas pela DFC são mais significativas que as informações apresentadas pela DOAR, uma vez que conseguem explicar de maneira mais eficiente a variação no valor de caixa, e a real capacidade da empresa gerar caixas futuros, assim como honrar com seus compromissos, ou seja, apresentando a situação de liquidez e solvência de maneira mais clara e objetiva.

Dessa forma, os achados da pesquisa sugerem que a substituição da DOAR pela DFC foi benéfica para os usuários da informação contábil, pois agregou relevância às informações, muito embora estudos anteriores tenham mostrados a DOAR como uma ferramenta mais rica em informações, ou seja, uma demonstração que permite ao usuário extrair dela mais dados analíticos.

Uma explicação coesa para esse achado se deve pelo fato da DFC ser uma demonstração mais fácil de ser compreendida, especialmente para os usuários menos adaptados com a contabilidade, o que faz com que seja mais utilizada.

Num contexto mais amplo de value relevance na adoção de normas internacionais, percebe-se que os achados encontrados no presente estudo reforçam os resultados obtidos por Macedo, Machado, Murcia & Machado (2011), Barth, Landsman e Lang (2008), Hung e Subramanyam (2007), Morais e Curto (2009) e Kadri, Aziz e Ibrahim (2009) e contrariam os resultados de Niskanen, Kinnunen e Kasanen (2000), Vishnani e Shah (2008) e Morais e Curto (2008), pois se observou que o processo de harmonização com os padrões internacionais acrescentou relevância às informações contábeis.

A maior limitação desse estudo, se dá pelo número amostral reduzido, justificado por ser o público que estava presente na data do evento. Portanto, os resultados desta pesquisa devem ser interpretados e analisados levando-se em conta essa limitação.

Dessa forma, sugere-se a continuidade do estudo buscando aumentar a amostra e o número de observações para tentar encontrar conclusões mais robustas.

REFERÊNCIAS

- Afonso, R. A. E. (1999). A capacidade informativa da demonstração de origens e aplicações de recursos (DOAR) e da demonstração de fluxos de caixa (DFC). *Revista Brasileira de Contabilidade*, Brasília, 28(117), 20-32.
- Antunes, M. T. P., Pelucio-Grecco, M. C., Formigoni, H., & Mendonça Neto. (2012). A adoção no Brasil das normas internacionais de contabilidade IFRS: o processo e seus impactos na qualidade da informação contábil. *Revista de Economia e Relações Internacionais*, 10(20), 5-19.
- Assaf Neto, Alexandre; Silva, César Augusto Tibúrcio. *Administração do capital de giro*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- Barth, M. E., Landsman, W. R., & Lang, M. H. (2008). International accounting standards and accounting quality. *Journal of accounting research*, 46(3), 467-498.
- Borsato, J. M. L. S., Pimenta, D. P., & Lemes, S. (2009). Uma abordagem comparativa na análise da DOAR e DFC: um estudo de caso na Cia. Vale do Rio Doce. *Contabilidade Vista & Revista*, 20(2), 161-179.
- Bromwich, M. (2006). Economics in management accounting. *Handbooks of management accounting research*, 1, 137-162.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*.
- Fishbein, M., Loken, B., Chung, J., & Roberts, S. (1978). Smoking behavior among college women. Report prepared for the Federal Trade Commission, University of Illinois.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1980). Predicting and understanding consumer behavior: Attitude-behavior correspondence. *Understanding attitudes and predicting social behavior*, 148-172.
- Fishbein, M., Ajzen, I., & Hinkle, R. (1980). Predicting and understanding voting in American elections: Effects of external variables. *Understanding attitudes and predicting social behavior*, 173-195.
- Fishbein, M. (1982). Social psychological analysis of smoking behavior. *Social psychology and behavioral medicine*, 179-197.
- Hung, M., & Subramanyam, K. R. (2007). Financial statement effects of adopting international accounting standards: the case of Germany. *Review of accounting studies*, 12(4), 623-657.
- Iudícibus, S. de. (1998). *Análise de balanços*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

_____ (1999). Introdução à teoria da contabilidade: para o nível de graduação. São Paulo: Atlas.

Kadri, M. H., Ibrahim, M. K., & Abdul Aziz, R. (2009). Value relevance of book value and earnings: evidence from two different financial reporting regimes. *Journal of Financial Reporting and Accounting*, 7(1), 1-16.

Lambert, R. A. (2001). Contracting theory and accounting. *Journal of accounting and economics*, 32(1-3), 3-87.

Lei nº 11.638, de 28 de dezembro de 2007. Altera e revoga dispositivos da Lei no 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e da Lei no 6.385, de 7 de dezembro de 1976, e estende às sociedades de grande porte disposições relativas à elaboração e divulgação de demonstrações financeiras. Recuperado de:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11638.htm

Lustosa, P. R. B. (1997). DOAR – Uma morte anunciada. Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras – FINEP/CAFI. *Caderno de Estudos*. São Paulo, v.9, n.16, p.26-38.

Macedo, M. A. D. S., Machado, M. A. V., Murcia, F. D. R., & Machado, M. R. (2011). Análise do impacto da substituição da DOAR pela DFC: um estudo sob a perspectiva do value-relevance. *Revista Contabilidade & Finanças*, 22(57), 299-318.
Malhotra, N.K. *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Marques, J. A. V. D. C., & Braga, R. (2001). Demonstração de fluxos de caixa. *Revista de Contabilidade*

Martins, E. (1991). Contabilidade VS Fluxo de caixa. *Caderno de Estudos FINEP/CAFI*, v.2

Meckling, W. H., & Jensen, M. C. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of financial economics*, 3(4), 305-360.

Moore, G. C., & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information systems research*, 2(3), 192-222.

Morais, A. I., & Curto, J. D. (2008). Accounting quality and the adoption of IASB standards: portuguese evidence. *Revista Contabilidade & Finanças*, 19(48), 103-111.

Morais, A. I., & Curto, J. D. (2009). Mandatory adoption of IASB standards: Value relevance and country-specific factors. *Australian Accounting Review*, 19(2), 128-143.

Niskanen, J., Kinnunen, J., & Kasanen, E. (2000). The value relevance of IAS reconciliation components: empirical evidence from Finland. *Journal of Accounting and Public Policy*, 19(2), 119-137.

Padoveze, Clóvis Luís. Manual de contabilidade básica: uma introdução à prática contábil: texto e exercícios. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Perez Junior, José Hernandez; Begalli, Glaucos Antônio. Elaboração das demonstrações contábeis. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovation. (5rd ed.). New York: The Free Press.
Sá, A. L. (2002). Teoria da contabilidade. 3. ed. São Paulo: Atlas.

Salotti, B. M., & Santos, A. (2015). Ativos biológicos na DVA: análise da divulgação no Brasil. Revista de Contabilidade e Organizações, 9(23), 14-23.

Salotti, B. M., & Yamamoto, M. M. (2008). Divulgação voluntária da demonstração dos fluxos de caixa no mercado de capitais brasileiro. Revista Contabilidade & Finanças, 19(48), 37-49.

Santos, Edno Oliveira dos. Administração financeira da pequena e média empresa. São Paulo: Atlas, 2001.

Santos, J. L. (2006). Demonstrações Contábeis das Companhias Abertas: de acordo com nova Deliberação CVM nº488/05. 1 ed. São Paulo: Atlas.

Sejwacz, D., Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). Predicting and understanding weight loss: Intentions, behaviors, and outcomes. Understanding attitudes and predicting social behavior, 101-112.

Theóphilo, C. R. (1998). Algumas reflexões sobre pesquisas empírica em contabilidade. Caderno de Estudos, (19), 01-08.

Tidd J.; Bessant J.; Pavitt K. Managing innovation: integrating technological, market and organizational change. Chichester. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. 3rd ed.2005.

Vishnani, S., & Shah, B. K. (2008). Value relevance of published financial statements—with special emphasis on impact of cash flow reporting. International Research Journal of Finance and Economics, 17(1), 84-90.

CAPÍTULO 11

LOGÍSTICA REVERSA: UMA TENDÊNCIA NO MEIO EMPRESARIAL

Ieda Márcia Donati Linck

Professora da Unicruz. Doutora em Linguística. Mestre em Educação/Uninorte. Mestre em Letras/UPF. Membro do JPJUR. Coordenadora Proenem.
E-mail: imdlinck@gmail.com

Sabrina Viana Pinheiro

Bacharel em Engenharia de Produção da Unicruz
E-mail: sabrinapinheiro999@gmail.com

Resumo: O presente trabalho é resultado de um projeto de leitura desenvolvido no primeiro semestre, na disciplina de Produção Textual no Curso de Engenharia de Produção da Unicruz, em 2016. Tem por objetivo tratar sobre a Logística Reversa, área ainda pouco presente no meio empresarial. O percurso feito iniciou com a escolha de uma temática, com leituras sobre o tema, resenhas críticas e fichamentos. De forma empírica, acreditava-se que a Logística Reversa era algo novo. No entanto, a partir do estudo feito, constatou-se que ela é uma área já existente há alguns anos, mas que ainda é pouco desenvolvida integralmente dentro das empresas. De acordo com Stock (1998) apud Leite (2003), a partir de uma perspectiva de negócios, o papel da Logística na volta de produtos, reciclagem, reutilização de materiais e substituição de matérias é denominada Logística Reversa. Assim sendo, no atual sistema de produção, cujo ciclo de vida do produto é curto, através da Logística Reversa é possível reduzir o custo de produção, reaproveitar embalagens, ter a proteção da margem de lucro e principalmente atender ao cliente que leva em consideração a produção sustentável. Apesar dos visíveis benefícios, ela se mantém ainda como uma tendência e não uma realidade em relação à grande parte do sistema empresarial, visto que exige investimentos e criação de setor específico, enquanto a atual preocupação é apenas produzir e escoar através da Logística. Para Leite (2011), apenas 6% da produção brasileira passa pelo processo de Logística Reversa, o que movimenta cerca de 10 bilhões de reais por ano. Esse baixo percentual é resultado de preconceitos existentes no mercado, como a visão de que produtos reciclados possuem baixa qualidade ou que o consumidor é incapaz de contribuir com o retorno dos produtos. Essas justificativas não são obstáculos reais, então a Logística Reversa precisa ganhar espaço para que o país possa fazer projetos em longo prazo. A relevância deste trabalho está em mostrar o significado da Logística Reversa e a sua importância para as empresas, os clientes e o meio ambiente. Além disso, proporciona discussões, no meio acadêmico, capazes de formar Engenheiros de Produção com respaldo teórico, intenção e vontade de implantar essa prática, tida ainda como tendência.

Palavras-chave: Logística; Empresas; Produção; Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por base um projeto de leitura desenvolvido no primeiro semestre na disciplina de Produção Textual no Curso de Engenharia de Produção da Unicruz, em 2016. Tem por objetivo tratar sobre a Logística Reversa, área a qual ainda é pouco presente no meio empresarial.

De acordo com Stock (1998) *apud* Leite (2003), a partir de uma perspectiva de negócios, o papel da Logística na volta de produtos, reciclagem, reutilização de materiais e substituição de matérias é denominada Logística Reversa.

O sistema de produção, em atividade no Brasil e principalmente nos principais pólos mundiais, baseia-se em uma produção com grande variedade e pouca escala, menor ciclo de vida dos produtos, alto nível de inovação tecnológica, prática intercambialista e prazos de entrega reduzidos.

Esse modo de produção se torna um dos principais motivos para a prática da Logística Reversa, visto que através dela é possível reduzir o custo de produção, reaproveitar embalagens, ter a proteção da margem de lucro e principalmente atender ao cliente que leva em consideração a produção sustentável.

Apesar dos visíveis benefícios, a Logística Reversa mantém-se ainda como uma tendência e não uma realidade. Para Leite (2011), apenas 6% da produção brasileira passa pelo processo de Logística Reversa, o que movimenta cerca de 10 bilhões de reais por ano. Esse baixo percentual é resultado de preconceitos existente no mercado, como a visão de que produtos reciclados possuem baixa qualidade ou que o consumidor é incapaz de participar de uma política de retorno de produtos.

2. MÉTODOS E METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica desenvolvida de acordo com o plano do projeto de pesquisa desenvolvido na disciplina de Produção Textual.

O processo iniciou com a definição do tema/assunto a ser desenvolvido, e consecutivamente com a delimitação do tema. Logo, apresentou-se uma justificativa para tais escolhas.

No desenvolvimento da pesquisa, optou-se por separar quinze artigos relacionados ao assunto em questão e destes escolher apenas cinco que mais se aproximavam do tema delimitado. Após a escolha final, todos os artigos foram lidos e fichamentos foram realizados. Dentre os cinco artigos escolhidos, uma resenha crítica foi escrita a partir de cada um deles.

Por intermédio dos referenciais disponíveis, buscou-se entender os motivos que levam a Logística Reversa ser hoje uma “nova” tendência no meio empresarial e não uma prática consagrada.

Durante o processo, optou-se pela busca de outros referenciais teóricos além dos artigos escolhidos, sendo que o autor Paulo Roberto Leite foi o que mais contribuiu teoricamente ao projeto por ter diversas publicações sobre a temática desenvolvida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das leituras realizadas, constatou-se que a Logística Reversa é uma atividade logística bastante ampla, o que justifica a existência de diversos conceitos.

Para Leite (2003: p.16/17): “Área da Logística Empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo produtivo [...]”.

De acordo com CLM (1993) *apud* Leite (2002), Logística Reversa é um termo bastante amplo que se refere às atividades e habilidades do gerenciamento de redução, transporte e disposição de resíduos tanto de produtos como de embalagens.

No início do trabalho, de forma empírica, acreditava-se que a Logística Reversa era uma área logística nova, que estava começando a se tornar uma tendência. Logo se constatou que ela já existe há anos, mas ainda é pouco presente pelo fato de as empresas não a conhecerem ou por terem por objetivo apenas a prática da produção e do seu escoamento, sem precisar investimentos em um centro de custo próprio da Logística Reversa. Esse fato é comprovado por Leite (2011) que se refere à Logística Reversa como um processo caro e pouco praticado no Brasil, onde apenas 1% dos celulares e menos de 5% dos computadores produzidos retornam aos fabricantes brasileiros. Isso resulta de uma sociedade consumista.

Para Sarian (2003) *apud* Nhan *et al* (2003), a relevância dessa prática logística é exemplificada pelos Estados Unidos, onde se estima que o total de custos logísticos

representem cerca de 10,7% do PIB, sendo que destes 3% a 4% refere-se apenas a Logística Reversa.

Apesar de tudo, após o primeiro passo, que é o da implantação, é necessário haver uma atenção especial a fatores que contribuirão para o retorno da prática da Logística Reversa. De acordo com Lacerda (2002) *apud* Nhan *et al* (2003), é necessário haver bons controles de entrada, processos padronizados e mapeados, sistemas de informação, rede logística planejada e relações colaborativas entre clientes e fornecedores.

Vale ressaltar também, que os benefícios da Logística Reversa não são apenas para as empresas e seus clientes. O meio ambiente é um grande receptor do resultado dessa prática, pois uma grande quantidade de equipamentos e embalagens de difícil decomposição deixa de ser descartados, após o uso em locais incorretos e passam a serem reutilizados em uma nova remessa de produção.

A Logística Reversa é um processo que demanda investimentos e mudanças nas organizações empresariais, mas traz benefícios e é um diferencial em serviço ao cliente na competição de mercado. Portanto, mesmo exigindo economicamente, ela é a médio prazo uma fonte de economia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância deste trabalho está em mostrar o significado da Logística Reversa e a sua importância para as empresas, aos clientes e ao meio ambiente. Além de proporcionar discussões no meio acadêmico a fim de formar Engenheiros de Produção conscientes da importância e capacidade que possuem capazes para implantar essa prática.

A discussão desse assunto contribui para a expansão dessa tendência ainda considerada nova. Por isso, espera-se que a pesquisa realizada contribua também de forma informativa tanto para profissionais de diversas áreas como para a sociedade em geral.

A Logística Reversa é, sem dúvida, um ramo logístico que precisa ser difundido e implantado, principalmente no Brasil. Hoje ela está presente em parte das empresas, mas precisa ser expandida para que o próprio país seja beneficiado. Uma realidade que não pode estar tão distante em um país rico em sistemas logísticos como o Brasil.

REFERÊNCIAS

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

LEITE, Paulo Roberto. **Revista Tecnológica**. São Paulo: Editora Publicare, 2002.

LEITE, Paulo Roberto. **Revista Alumínio**. Edição 27, 2011.

MUELLER, Carla Fernanda. **Estudos Realizados – GELOG-UFSC**. Santa Catarina: 2005.

NHAN, Adriano Nguyen Phuoc; SOUZA, Cristina Gomes; AGUIAR, Ricardo Alexandre Amar. **Anais XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Minas Gerais: ENEGEP, 2003.

CAPÍTULO 12

CONCRETO PERMEÁVEL: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PELA INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS

Hugo Alessandro Almeida Diniz

Professor efetivo e pesquisador do IFCE, Engenheiro Civil com Mestrado em Processos construtivos e estruturas. Doutorando em Ciência e Engenharia dos Materiais, ambos pela UFRN, com foco na aplicação de concretos especiais
E-mail: hugo.almeida@ifce.edu.br

Kalina Januário Marques de Souza

Engenharia Civil pela Universidade Potiguar. Especialista em gerenciamento de obras, sendo atualmente gerente de execução na empresa Construfit Engenharia
E-mail: kalinamarques@hotmail.com

Ítalo Vale Monte Júnior

Engenheiro Civil, Especialista em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos, Mestre em Engenharia Civil. Atualmente, professor do curso de Graduação em Engenharia Civil e do curso de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia na Construção Civil, ambos na UnP. Também é Pesquisador do Centro e-Labora – UnP
E-mail: italovmj@gmail.com

Resumo: O concreto permeável é um composto que possui como principal característica a presença de vazios interligados capazes de percolar a água por sua matriz, garantindo a passagem do volume desde efluente próximo à totalidade. Este tipo de concreto pode ser utilizado como alternativa à evolução dos tradicionais sistemas de drenagem urbana, reduzindo o escoamento superficial. Ao ser aplicado em revestimentos de calçadas e ambientes de tráfego leve, ele promove a recarga do lençol freático in loco, minimizando os efeitos da impermeabilização, proveniente da urbanização, no meio ambiente. Este artigo desenvolveu um traço que contemplou resistência e permeabilidade por meio da análise da influência dos agregados do concreto permeável, atendendo a todos os requisitos normativos. A análise foi parametrizada em função do proporcionamento dos materiais empregados, em um programa experimental, o qual resultou nos traços apresentados. Os corpos de prova foram analisados através dos ensaios de compressão axial, permeabilidade e porosidade. O resultado obtido foi um compósito resistente e permeável, que tem sua aplicação justificada por ser uma solução eficiente e sustentável.

Palavras-chave: Influência dos Agregados; Drenagem Urbana; Concreto Permeável

Abstract: The pervious concrete is a compound which has as its main characteristic the presence of interconnected voids capable of percolating water through its matrix, transferring, almost entirely the effluent to the ground. This type of concrete can be used as an alternative to evolution of traditional urban drainage systems, reducing runoff. When applied to sidewalks and light traffic environments coatings, it promotes groundwater recharge on the spot, minimizing the effects of urbanization on the

environment. This article developed a sample of trait that contemplated the analysis of strength and permeability of the influence of the aggregated porous concrete. The analysis was parameterized according to its proportion in an experimental program, which resulted in the features presented in this article. The samples were analyzed using axial compression tests, permeability and porosity. The result was a tough and permeable composite, which has its application justified to be an efficient and sustainable solution.

Keywords: Influence of Agregates ; Urban drainage ; Pervious Concrete.

1. INTRODUÇÃO

A transformação da paisagem pelo processo de urbanização, no Brasil, tem se tornado evidente. Esta migração da população para os centros mais desenvolvidos acelera exponencialmente o crescimento das cidades e implicam em grandes desafios para os gestores públicos. Essa transformação do ambiente natural aliada a impermeabilização do solo por vezes acarretam em danos onerosos ao erário e à natureza.

Esse crescimento contínuo da população e da urbanização, segundo Zhong & Wille (2015) pressionam a extensão das áreas urbanas e as superfícies impermeáveis acompanham, levando a impactos ambientais e sociais. Pois, conforme Chandrappa & Biligiri (2016), a natureza impermeável dos sistemas de pavimentos convencionais resulta em inundações repentinas, contendo altos níveis de poluentes. Isso, devido a redução do transporte da água até o lençol freático pelos solos permeáveis, concentrando a vazão toda a jusante.

Chandrappa e Biligiri (2016) explicam que a construção de sistemas convencionais de pavimentos impermeáveis causam duas grandes mudanças no ambiente local, incluindo mudanças nos aspectos hidrológicos e variações no ambiente térmico circundante. Este fato assevera a importância de buscar mecanismos que solucionem ou amenizem esta problemática sem contrapor o desenvolvimento dos meios urbanizados.

Diversos estudos apontam os pavimentos permeáveis como solução para a infiltração de água no solo permitindo a utilização do ambiente para obras civis, como estradas e calçadas. Khankhaje et al (2017) concluem que o sistema de pavimentação permeável permite a infiltração da água da camada subterrânea, recarregando as águas subterrâneas, reduzindo as inundações, o efeito de ilhas de calor urbanas e removendo poluentes das águas pluviais.

O concreto permeável é um de compósito cimentício que possui como principal característica os vazios interligados que o torna altamente permeável, permitindo a passagem do efluente. Nesse compósito a infiltração ocorre em quase sua totalidade, possibilitando sua utilização como pavimento permeável. Araujo, Tucci e Goldenfum (2000) testificam que no concreto poroso há escoamento de 0,01mm em uma chuva de 20mm, representando apenas 0,05% do volume total precipitado.

Este padrão de traço tem aplicações discretas no Brasil, sendo ainda objeto de estudo, porém, contudo, segundo Elango e Revathi (2017), o pavimento de concreto permeável tem sido usado a mais de 30 anos nos EUA e pode ser usado em estacionamentos, estradas de tráfego leve, calçadas e decks. Por esta escassez de estudos, têm-se infindáveis linhas de estudo para aplicação no Brasil acerca deste tema. A explanação desse composto sustentável, é justificada pelos benefícios diretos aos meios urbanos e, conseqüentemente, ao meio ambiente, o qual ele apresenta.

Este artigo teve como objetivo desenvolver dosagem deste tipo de concreto para aplicação em pavimentos permeáveis, no intuito de avaliar a influência dos agregados no comportamento do concreto permeável para tráfego leve e por fim apresentar um produto sustentável.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema tradicional de drenagem urbana tem se tornado cada vez mais insustentável com o crescimento demográfico acelerado que hoje ocorre nos centros urbanos. Fruto deste fato, a impermeabilização do solo é matéria de grande preocupação dos governantes, pois, esta reduz a alimentação do lençol freático, alterando o ciclo hidrológico e as características da bacia local em virtude de minorar a vazão de água afluente. Conforme Maus et al (2014) a diminuição na recarga do lençol freático, responsável pela manutenção das vazões mínimas dos mananciais, também é uma consequência da redução das áreas de infiltração de água no solo.

O aumento do escoamento superficial também é decorrente desta impermeabilização, sendo percebido pela população quando há precipitações elevadas, provocando inundações, alagamentos, transtorno no tráfego de veículos e prováveis transtornos financeiros. Yao, Wei e Chen (2016) citam que na gestão de águas de chuva a impermeabilidade é adotada como um indicativo efetivo para avaliar o risco de escoamento.

O tratamento de resíduos sólidos também é afetado pelo escoamento, em razão da água carrear e espalhar estes materiais, podendo ocorrer entupimento dos artefatos de drenagem e contaminação do solos. Esta contaminação, segundo Kim et al. (2017) pode aumentar o teor de Nitrogênio e Fósforo do manancial que a recebe, provocando a eutrofização da água. No intuito de combater esta poluição, Hwang et

at. (2017) apresentou um concreto permeável que atua como filtro removendo quantidades consideráveis de coliformes e fosfatos.

A ACI, norma 522, define concreto permeável como concreto de cimento hidráulico proporcionado com vazios interconectados suficientes que resultam em um material altamente permeável, permitindo que a água passe facilmente (ACI, 2010). As peças deste concreto poroso, atualmente, têm como sua maior aplicação os pavimentos permeáveis de concreto.

Segundo Barnhouse e Srubar (2016) a porosidade é proporcionada pela mistura de agregados graúdos e cimento, e ocasionalmente, uma pequena quantidade de areia. Porém, esta pequena quantidade de areia, agregado miúdo comumente utilizado no concreto, prejudica na formação da argamassa responsável pela ligação dos agregados graúdos que irá conferir unidade à estrutura de concreto.

A presença de vazios irá influenciar também na capacidade de resistência a compressão. Li et al. (2017) citam que a baixa resistência é um dos principais desafios para aplicação mais ampla do concreto permeável. Isso ocorre porque a camada da pasta de cimento que liga os agregados nesse tipo de concreto é muito fina (ZAETANG et al., 2016) fragilizando a união dos componentes.

É fundamental, de acordo com Sonebi e Bassuoni (2013), investigar o equilíbrio entre as variáveis de concepção de mistura, o que leva a índices de vazios e das taxas de infiltração ótimas, mantendo ao mesmo tempo uma resistência adequada e um custo mínimo, fato este que ratifica a importância deste estudo.

Uma solução para otimizar a resistência à compressão é a utilização de microssílica, que segundo (ZHONG e WILLE, 2015) possui partículas ultrafinas que melhoram significativamente a densidade, pelo melhor empacotamento dos grãos que fortalecem a zona de transição entre o agregado graúdo e a argamassa de ligação.

A análise da eficiência dos pavimentos permeáveis é mensurada pela velocidade de infiltração de uma coluna de água prefixada, definindo a exequibilidade dos pavimentos permeáveis. Pois é em função da infiltração do solo que se determina a necessidade, ou não, de estruturas de drenagem auxiliares para captar o efluente não percolado no solo. A ABNT, por intermédio da norma NBR 16416 (ABNT, 2015), estabelece padrões de infiltração dos solos, conforme a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Tipo de infiltração do pavimento em função das condições locais

Condições locais		Infiltração Total	Infiltração Parcial	Sem Infiltração
Permeabilidade do subleito definida pelo coeficiente de permeabilidade k (m/s)	$> 10^{-3}$	✓	✓	✓
	10^{-3} a 10^{-5}	X	✓	✓
	10^{-5} a 10^{-7}	X	X	✓
Máximo registro do lençol freático a pelo menos 1,0m da camada inferior da base		X	X	✓
Presença de contaminantes no subleito		X	X	✓

Fonte: NBR 16.416 ABNT, 2015.

A infiltração total representa os solos que possuem capacidade de receber todo o efluente, não exigindo sistema de drenagem auxiliar.

A infiltração parcial retrata os solos que necessitam de assistência de algum dispositivo drenante que transporte a água que não percolou devido a saturação do solo. A referida norma diz que "parte da água fica temporariamente armazenada na estrutura permeável, sendo depois removida pelo dreno".

O sistema sem infiltração explana a situação em que o solo é impermeável, ou a capacidade filtrante é impraticável. Ocorre nesta condição a armazenagem temporária, em uma camada entre o revestimento e o subleito, sendo esta água drenada por dispositivos e, em alguns casos, parcialmente por evaporação.

O grande desafio no estudo de concreto permeável é adquirir, através do proporcionamento dos materiais, maior permeabilidade sem perda significativa na capacidade de suporte do concreto. Sendo assim, o presente artigo dosou através da modificação da granulometria da brita e quantidade de areia uma mistura que atenda a todos os critérios normativos.

3. METODOLOGIA

A programa experimental do presente estudo fundamenta-se em uma pesquisa exploratória, com base em pesquisa prática e bibliográfica, desenvolvendo ciência para o concreto. No projeto foi pesquisado um traço deste material com alta

porosidade, caracterizando-o como concreto permeável. Nesta dosagem avaliou-se a influência dos agregados no compósito e a correlação entre os resultados apresentados até obter o concreto pretendido.

3.1 Materiais

O cimento utilizado foi o CP V - ARI RS, da fábrica Mizú, caracterizado por ser um aglomerante de alta resistência inicial e ter resistência a sulfatos. Os agregados foram provenientes de jazidas no estado do RN. A brita tem sua composição granítica e foi utilizada nas dimensões comerciais B0 (9,5 mm) e B1 (19,0 mm). A areia foi retirada de leito de rio na região metropolitana de Natal.

A água empregada foi originada da companhia de águas local, possui características potáveis sendo utilizada em temperatura ambiente. A adição mineral utilizada foi a microssílica, em substituição parcial do cimento, que é um subproduto industrial da produção de ferro, composta por sílica amorfa em micropartículas. O aditivo empregado foi o superplastificante de 3ª geração da MC Bauchemie *Power-flow* 1160.

3.2 Métodos

Com base em um traço pré-estabelecido (1:4) variou-se a granulometria do agregado graúdo no intuito de analisar a influência do ajuste da distribuição dos grãos da brita nas propriedades do concreto permeável, conforme tabela 2.

Tabela 2: Traços base

Mix	Binders		Aggregates				Water
	PC	MS	Sand	Gravel			
				4,75	6,3	9,5	
CPT	0,92	0,08	0,6	1,13	1,13	1,14	0,36
CPD	0,92	0,08	0,6	0	1,7	1,7	0,36
CPU	0,92	0,08	0,6	0	0	3,4	0,36

Fonte: Os autores

Em seguida, substituiu-se parcialmente o agregado graúdo por agregado miúdo no traço que apresentou a melhor relação permeabilidade x resistência, na intenção de analisar a mudança das características mediante aumento na quantidade de areia, em 15%. Este método permitiu dosar este tipo de concreto especial pela adequação dos agregados, na finalidade de atingir as propriedades estabelecidas na NBR 16.416.

Os corpos de prova foram moldados de acordo com as diretrizes da norma da NBR 5738 (ABNT, 2003), onde, para cada mistura, se confeccionaram nove corpos de prova em moldes cilíndricos com 10cm de diâmetro e 10cm de altura, sendo três para cada idade de resistência à compressão e três para os ensaios de permeabilidade. Com o intuito de obter melhor ligação entre os materiais utilizou-se a sequência de inserção dos materiais na betoneira: agregado graúdo; 50% da água; ligantes; mais 25% da água; aditivo superplastificante; agregado miúdo; os 25% restantes da água.

As frações de agregado graúdo foram previamente homogeneizadas com a finalidade de garantir uniformidade na amostra. Este procedimento também foi realizado entre a microssílica e o cimento. Após a moldagem os corpos de prova foram postos em uma mesa vibratória por 4 segundos para corrigir possíveis falhas no adensamento devido ao grande índice de vazios deste tipo de concreto, finalizando a moldagem dos corpos.

Os resultados foram analisados estatisticamente, no software Statistica7, através dos testes de Tukey, F, p-value e R^2 , calculados por meio da ANOVA.

3.3 Resistência à compressão axial

Para esse ensaio utilizou-se uma prensa hidráulica, que rompeu os corpos de prova obedecendo a NBR 5739 (ABNT, 2007). Como a superfície do concreto permeável é irregular, foi necessária, para conferir uniformidade às tensões por toda a superfície do corpo de prova, a utilização de dois discos de Neoprene, com dureza off shore de 70, confinados em pratos de aço, figura 1.

Figura 1: Rompimento do corpo de prova em prensa hidráulica



Fonte: Os autores

3.4 Permeabilidade

A permeabilidade do concreto poroso foi mensurada pelo método do Instituto Americano do Concreto (ACI), regulamentado na norma 522, através de um permeâmetro baseado no princípio físico dos vasos comunicantes. Este equipamento é composto por duas câmaras interligadas por uma tubulação que possui uma válvula, representada pela figura 2, a seguir.

Figura 2: Estrutura do permeâmetro



Fonte: Os autores

Segundo a ACI 522 “A permeabilidade do concreto permeável pode ser medida por uma simples diferença de nível no permeâmetro” (ACI, 2010). O ensaio se inicia inserindo a amostra no aparelho de modo que a face superior esteja nivelada com a

saída do tubo de drenagem. Adiciona-se água a câmara graduada até o transborde no dreno. Conforme a norma mencionada, isso minimiza quaisquer bolsas de ar e garante que a amostra esteja completamente saturada. Após este momento a válvula é fechada para adição de água até a marcação de 290mm (h_1).

O resultado do ensaio é obtido após a abertura da válvula e mensurado o tempo (t) necessário para a água atingir a marca de 70mm (h_2), considerando a altura (L) da amostra. Para obtenção do coeficiente de permeabilidade utiliza-se a lei de Darcy, representada pela seguinte equação:

$$k = \frac{L}{t} \log\left(\frac{h_2}{h_1}\right) \quad (1)$$

3.5 Índices físicos

Foram calculadas as porosidades dos concretos, no intuito de validar e o binômio resistência versus permeabilidade, observando se houve um comportamento padrão. Utilizou-se o método da balança hidrostática para determinação do volume de vazios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do estabelecimento do traço buscou-se entender a influência da granulometria da brita nas propriedades do concreto permeável. Isto foi possível através da alteração do módulo de finura (MF) por meio das faixas dadas em função dos diâmetros das peneiras, que foram estabelecidas com o intuito de aumentar progressivamente este módulo. Com base nestes intervalos os agregados foram misturados e realizado o peneiramento, resultando nos módulos de finura apresentados na tabela 03, obtidos por peneiramento conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Tabela 3: Proporcionamento dos agregados vs MF

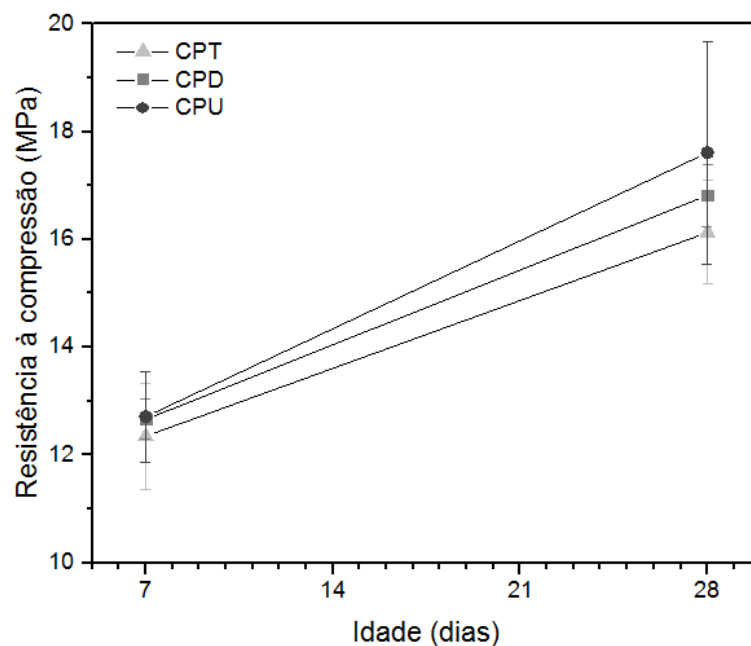
Mix	Sand	Gravel 4,75	Gravel 6,3	Gravel 9,5	MF (Brita + Areia)
CPT	15%	28,1%	28,1%	28,8%	6,63
CPD	15%	-	42,5%	42,5%	6,77
CPU	15%	-	-	85%	7,20

Fonte: Os autores

O traço CPT (concreto permeável com três frações) apresentou o menor módulo visto que é o único que possui a faixa de brita 4,75. Já os traços de concreto permeável com duas frações de brita (CPD) e com única fração (CPU) demonstraram MF gradativamente maior.

A análise do ensaio de compressão axial foi feita por meio de comparações dos resultados de resistência nas idades de 7 e 28 dias reproduzidos na figura 3. As variações dos módulos de finura acarretaram em resultados equivalentes, considerando os desvios. Os rompimentos respeitaram a tolerância de horário estabelecida na NBR 5739 (ABNT, 2007).

Figura 3: Ganho de resistência ao longo de 28 dias



Fonte: Os autores

Observa-se, porém, que há uma tendência da resistência à compressão média ser diretamente proporcional ao módulo de finura do traço. Aos sete dias, este ganho na propriedade de resistência foi pequeno, apresentando variações de tensão abaixo de 3%. Este resultado pode ser justificado pela finura da pasta, pois este tipo de concreto têm a zona de transição como local de maior fragilidade e em idades iniciais o processo de hidratação dos compostos cimentícios ainda não está finalizado, inviabilizando a análise das variações.

Aos 28 dias os traços CPU e CPD apresentaram aumento de 10% e 16% respectivamente, em relação ao traço CPT. Atribui-se o ganho de resistência proporcional ao aumento de módulo à redução da superfície específica dos agregados, ou seja, um decréscimo do número de grãos para o mesmo volume. Com uma menor área superficial dos agregados, há uma redução da demanda de argamassa necessária para envolvê-los, resultando no aumento da espessura desta camada e também no preenchimento dos vazios presentes no concreto permeável. Esta hipótese está em consenso com a afirmação de Torres, Hu e Ramos (2015) os quais dizem que um revestimento mais espesso levará a uma menor taxa de percolação contudo podendo ter efeito positivo na resistência.

Entretanto, esse comportamento entres os valores médios não apresentou significância estatística, conforme teste de Tukey, apresentado na tabela 4, onde as três misturas mantiveram-se em um mesmo grupo. Isso significa que as misturas apresentaram respostas equivalentes. Ou seja, a granulometria não têm influência direta na resistência à compressão.

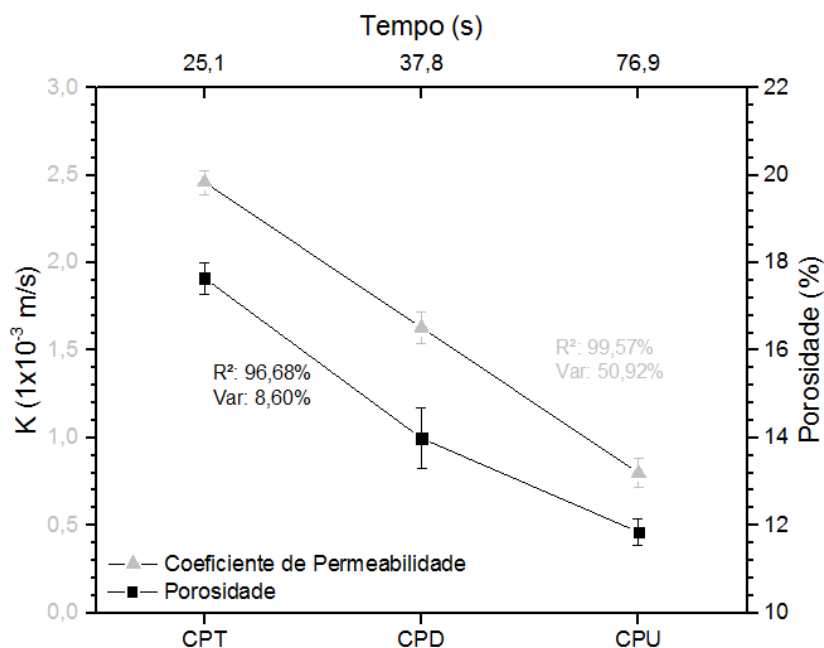
Tabela 4: Teste de Tukey para compreensão 28d

Mix	\bar{x} (MPa)	δ (MPa)	Grupos Homogêneos
CPT	16,13	1,38	A
CPD	16,82	0,89	A
CPU	17,60	2,85	A

Fonte: Os autores

Nos resultados do ensaio de permeabilidade, caracterizados pelas variáveis tempo e coeficiente de permeabilidade (K), expressos na figura 4, pode-se constatar uma grande variação entre os traços.

Figura 4: Coeficiente de permeabilidade x Porosidade



Fonte: Os autores

Novamente, há um comportamento que indica a influência progressiva do módulo de finura nas misturas, onde a elevação do MF aduz a uma redução da porosidade. Isto pode também ser atribuído à superfície específica dos agregados. Neste caso, o teste de Tukey, tabela 5, corroborou com esta afirmativa, mostrando que não há comportamento homogêneo entre as misturas.

A curva da porosidade apresentou um comportamento equivalente ao K, o que já era esperado por serem grandezas equivalentes. Ademais, como os ensaios foram testados com diferentes amostras, essa similaridade ratifica ambos os resultados, pois expressa homogeneidade dos concretos confeccionados.

Tabela 5: Teste de Tukey para coef de permeabilidade e porosidade

Mix	Permeabilidade			Porosidade		
	□ (m/s)	δ (m/s)	Grupos Tukey	□ (%)	δ (%)	Grupos Tukey
CPT	2,46	0,05	C	17,65	0,36	C
CPD	1,63	0,03	B	13,99	0,70	B
CPU	0,80	0,10	A	11,80	0,30	A

Fonte: Os autores

Os traços com maior área superficial dos agregados demandam mais argamassa para cobertura, restando menos argamassa para preenchimento dos poros. O traço CPT tem o menor módulo de finura, conseqüentemente, maior área superficial, resultando em um concreto mais poroso. Os concretos permeáveis produzidos por Torres, Hu e Ramos (2015) que avaliam a influência da espessura da pasta chegaram a resultados semelhantes, onde a maior espessura resultou sempre na diminuição da porosidade. Os demais traços acompanham essa relação, onde aumentando o módulo há um aumento do tempo de percolação.

Percebe-se boa permeabilidade dos traços ao comparar os resultados com o disposto no livro de Terzagui e Peck, descrito na tabela 06, onde o CPT e CPD estão no intervalo do grau de permeabilidade alta e o CPU na média.

Tabela 6: Classificação em função do coeficiente de permeabilidade

Tipo de solo	Coeficiente de permeabilidade k (m/s)	Grau de permeabilidade
Brita	$> 10^{-3}$	Alta
Areia limpa, areia fina	10^{-3} a 10^{-5}	Média
Areia suja e silte arenoso	10^{-5} a 10^{-7}	Baixa
Silte, silte argiloso	10^{-7} a 10^{-9}	Muito baixa
Argila	$< 10^{-9}$	Praticamente Impermeável

Fonte: Os autores

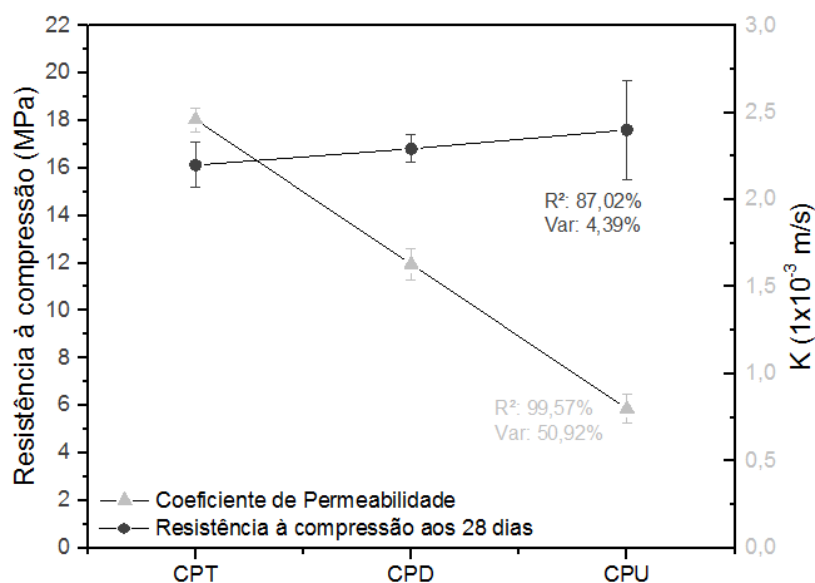
Os três primeiros traços não apresentaram resistência suficiente para aplicação em calçadas de pedestre ou revestimentos em locais de tráfego leve. Porém, as propriedades encontradas foram bastante próximas ao desejado, atestando viabilidade na continuidade do estudo.

As resistências dos traços atendem a boa prática construtiva de diversos elementos de concreto como ambientes de jardins e locais com pergolado, podendo ainda ser considerado como área de infiltração de águas pluviais otimizando o aproveitamento de espaços em um terreno.

As permeabilidades, segundo a tabela 6, tem valor igual ou maior do que os coeficientes apresentados nos solos mais comuns, exceto o CPU que obteve resultado menor do que a areia. Este fato legitima a aplicabilidade destes concretos, melhorando a infiltração e promovendo sustentabilidade ao meio ambiente.

Os resultados dos três traços realizados foram analisados, onde foi eleito o que apresentou o melhor produto para ser feito com substituição parcial do agregado graúdo pelo miúdo. A escolha foi embasada na melhor relação entre resistência e permeabilidade. A figura 5 apresenta esta relação.

Figura 5: Esquema comparativo entre Resistência x Permeabilidade



Fonte: Os autores

Neste esquema foi observada pequena variação da resistência apresentada em comparação à ocorrida na permeabilidade. Na tentativa de achar um traço que atingisse a resistência idealizada e que apresentasse uma permeabilidade aplicável, conforme parâmetros normativos e bibliográficos, o traço CPT foi adotado prevendo-se que o acréscimo de areia reduz a permeabilidade mas confere resistência ao composto. Este traço foi escolhido devido ele possuir resistência equivalente aos demais e apresentar permeabilidade superior, sendo estas análises embasadas resultados de Tukey supracitados.

A partir da definição do CPT foi determinado um acréscimo de 15% em substituição à brita, como supracitado na metodologia. que a adição de areia passava de 15% para 30% do agregado total, reduzindo a quantidade de brita. A intenção foi atingir o parâmetro normativo e verificar se nesta disposição o novo traço (CPT+A) apresentaria bom grau de permeabilidade. A tabela 7, mostrada abaixo, expressa os resultados obtidos com os ensaios realizados com o CPT+A.

Tabela 7: Características do traço CPT+A

Traço CPT+A	
Módulo de finura	5,95
Resistência aos 7 dias (MPa)	15,113
Resistência aos 28 dias (MPa)	24,945
Tempo (s)	108,2
K (x 10 ⁻³)	0,571
Porosidade (%)	10,58%

Fonte: Os autores

Constatou-se que o novo traço apresentou uma resistência maior que o Fck mínimo, de 20 MPa, previsto na NBR 16.416, exprimindo que a adição de 15% de areia conferiu um aumento de 9,77 MPa, para a proporção do CPT. Este incremento elevado possivelmente é devido ao aumento do teor de argamassa de 31% para 44%, pois há um volume bem maior que preencheu os poros e otimizou a ligação entre os compostos do concreto permeável.

Esse volume inclusive compensa a redução do módulo de finura, demonstrando que o teor de argamassa tem maior influência se comparado a área superficial. Isto pode ser percebido se comparados os traços CPU e CPT+A, os quais tem mesma faixa de permeabilidade, contudo, enquanto que o segundo apresenta-se em um outro grupo de resistência, conforme teste Tukey exposto na tabela 8.

Tabela 8: Teste de Tukey com adição do CPT+A

Mix	Resistência		Permeabilidade				Porosidade		
CPT	B		D				C		
CPD	B			C				B	
CPU	B				B				A
CPT+A		A				A			A

Fonte: Os autores

A previsão de que o coeficiente de permeabilidade cairia se confirmou, porém, o valor evidenciado apresentou classificação média de permeabilidade, de acordo com a tabela 6. Esta capacidade de infiltração é satisfatória, pois é compatível os

critérios de infiltração normativos da tabela 1. A figura 6 exhibe a eficiente percolação do traço encontrado.

Figura 6: Percolação do traço CPT+A



Fonte: Os autores

Na intenção de atestar os resultados foram realizados mais três testes estatísticos com base na ANOVA, retirada das propriedades avaliadas, expressos na tabela 9, onde todos os resultados foram ratificados e significativos.

Tabela 9: Testes com base na ANOVA

Ensaio	Testes Estatísticos (Critérios)		
	Fv/Fc (>4)	P-value (< 0,05)	R ² (>95%)
Compressão (MPa)	4,4	0,001	87,02%
Permeabilidade (m/s)	154,7	7,78E-10	99,58%
Porosidade (%)	19,1	7,78E-10	96,68%

Fonte: Os autores

Todos os testes foram feitos para os resultados de 28 dias. Apenas na resistência à compressão o teste R², em função dos resíduos, apresentou valor abaixo do critério. Todavia, os outros testes atestaram os resultados.

A pesquisa obteve êxito em razão do traço dosado atingir todas as propriedades desejadas. O CPT+A apresentou também um consumo de cimento aplicável, como demonstra a tabela 10.

Tabela 10: Consumo dos componentes em Kg/m²

Mix	Cim	Sand	G.4,75	G.6,3	G.9,5	Water
CPT	395,2	257,7	443,4	443,4	456,8	154,6
CPD	395,2	257,7	-	730,2	730,2	154,6
CPU	395,2	257,7	-	-	1460,5	154,6
CPT+A	394,9	515,1	396,6	396,6	408,6	154,6

Fonte: Os autores

Ahmmad *et al* (2017) estabelece em seu estudo um concreto verde com o consumo de 420 kg/m³ de cimento. Logo, o concreto produzido nesse estudo, com um baixo teor de cimento, apresenta-se como um concreto ecologicamente correto, visto que o cimento representa cerca de 90% da responsabilidade de emissão do CO₂ na fabricação dos componentes do concreto (Yu, Spiesz e Brouwers, 2015).

5. CONCLUSÃO

Para todos os fins a pesquisa foi concluída com êxito e o resultado final foi atingindo, sendo este satisfatório. O programa experimental foi executado em sua totalidade, não apresentando alguma inconformidade nos ensaios. No presente estudo pôde-se concluir que:

- O concreto permeável é um composto o qual apresenta bastante variações mesmo em alterações pontuais do traço, porém estas podem ser mapeadas e, em algumas situações, previstas;
- A granulometria dos agregados influencia na permeabilidade e na porosidade do concreto, sendo isto ocorrido pela alteração da área específica;
- A adição do agregado miúdo confere ao concreto uma maior resistência a compressão, porém reduz consideravelmente o grau de permeabilidade, logo, a alteração de traços de concreto permeável exigem estudo prévio;

- O concreto poroso apresentou comportamento proporcional entre as três propriedades avaliadas neste trabalho;
- O traço CPT+A pode ser aplicado em peças de concreto para pavimentos permeáveis em ambiente de tráfego leve e de pedestres e apresenta-se como um traço viável, ecológico e sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2015. 6 p.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2007. 9 p.

_____. NBR 16.416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2015. 25 p.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2003. 6 p.

AHMAD, Rasel et al. Feasibility study on the use of high volume palm oil clinker waste in environmental friendly lightweight concrete. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 135, p.94-103, mar. 2017. Elsevier BV.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 522R-10: Report on Pervious Concrete. 1 ed. Farmington Hills, Mi: Aci, 2010. 44 p.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.21-29, jul. 2000. Trimestral.

BARNHOUSE, Patrick W.; SRUBAR, Wil V.. Material characterization and hydraulic conductivity modeling of macroporous recycled-aggregate pervious concrete. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 110, p.89-97, maio 2016. Elsevier BV.

CHANDRAPPA, Anush K.; BILIGIRI, Krishna Prapoorna. Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and future prospects: A state-of-the-art review. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 111, p.262-274, maio 2016. Elsevier BV.

ELANGO, K.s.; REVATHI, V.. Fal-G Binder Pervious Concrete. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 140, p.91-99, jun. 2017. Elsevier BV.

HWANG, Vincent et al. Fly ash-amended pervious concrete pavement followed by bamboo bioretention basin with *Dracaena sanderiana* for urban stormwater runoff control. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 132, p.161-169, fev. 2017. Elsevier BV.

KHANKHAJE, Elnaz et al. Properties of sustainable lightweight pervious concrete containing oil palm kernel shell as coarse aggregate. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 126, p.1054-1065, nov. 2016. Elsevier BV.

KIM, G.m. et al. Water purification characteristics of pervious concrete fabricated with CSA cement and bottom ash aggregates. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 136, p.1-8, abr. 2017. Elsevier BV.

LI, Jiusu et al. Preparation and performance evaluation of an innovative pervious concrete pavement. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 138, p.479-485, maio 2017. Elsevier BV.

MAUS, Victor Wegner; RIGHES, Afranio Almir; BURIOL, Galileo Adeli. Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas. In: 1º Simpósio de recursos hídricos no norte e centro-oeste, 1, 2007, Cuiabá: 2007. p. 1 - 8.

SONEBI, M.; BASSUONI, M.t.. Investigating the effect of mixture design parameters on pervious concrete by statistical modelling. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 38, p.147-154, jan. 2013. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.07.044. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0950061812005144?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

TERZAGHI, K; PECK, R B. Soil Mechanics in Engineering Practice. 2. ed. New York: London, 1967.

TORRES, Anthony; HU, Jiong; RAMOS, Amy. The effect of the cementitious paste thickness on the performance of pervious concrete. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 95, p.850-859, out. 2015. Elsevier BV.

YAO, Lei; WEI, Wei; CHEN, Liding. How does imperviousness impact the urban rainfall-runoff process under various storm cases? *Ecological Indicators*, [s.l.], v. 60, p.893-905, jan. 2016. Elsevier BV.

YU, Q.I.; SPIESZ, P.; BROUWERS, H.j.h.. Ultra-lightweight concrete: Conceptual design and performance evaluation. *Cement And Concrete Composites*, [s.l.], v. 61, p.18-28, ago. 2015. Elsevier BV.

ZAETANG, Yuwadee et al. Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 111, p.15-21, maio 2016. Elsevier BV.

ZHONG, Rui; WILLE, Kay. Material design and characterization of high performance pervious concrete. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 98, p.51-60, nov. 2015. Elsevier BV.

CAPÍTULO 13

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL, COMO PROPOSTA DE EDUCAÇÃO, UTILIZANDO OS RESÍDUOS SÓLIDOS (LIXO) COMO TEMA INTERDISCIPLINAR

Ione Pires Arruda

EMEB: Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: ionefisica2011@hotmail.com

Jozil Gabriel Teixeira

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: josilteixeira@hotmail.com

Lúcia Regina dos Santos

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: luciarelg@hotmail.com

Maria Inez Silva Pereira

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: pereira.inez@hotmail.com

Suely Guimarães de Souza

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: sguimaraes63@gmail.com

Jorge Marques de Arruda

Faculdade Impacto Brasil - FACIB
E-mail: jorgemarquesdearruda@gmail.com

Resumo: O presente projeto pretende refletir sobre os problemas ambientais em nossa sociedade, em especial sobre o lixo, seu destino e possíveis formas de reaproveitamento, aborda também sobre inovar novas práticas pedagógicas voltadas para a compreensão da realidade social e dos direitos e responsabilidades em relação a vida pessoal, coletiva e ambiental da sociedade. Temos como principais objetivos, aprender e desenvolver ideias associadas a projetos básicos, onde buscamos a integração da escola e comunidade com intuito de sensibilizar quanto ao desperdício de matérias primas e possibilitar a confecção e produção de protótipos de instrumentos musicais aliado aos fenômenos físicos e sonoros, em especial ao reaproveitamento do lixo e sobre os problemas ambientais, conscientizando os alunos sobre os benefícios da reciclagem do lixo e a preservação do meio ambiente. A realização desse trabalho se pauta em estudos bibliográficos sobre a educação ambiental e os fenômenos sonoros: projetos interdisciplinares.

Palavras-chave: Reciclagem; Fenômenos sonoros; Interdisciplinares.

1. INTRODUÇÃO

O presente projeto tem como objetivo discutir a utilização dos benefícios da reciclagem dos resíduos sólidos (lixo) e a conscientização da preservação do meio ambiente, articulando a formação de valores, atitudes, com ensino e aprendizagem de habilidades, atitudes e procedimentos cuja importância e a inclusão de questões ambientais e sociais no currículo escolar a partir da transversalidade.

Optamos em realizar o estudo com base na metodologia de projetos, segundo Nilbo Ribeiro (2002), que enfatiza a importância de atividades interdisciplinares que privilegie a participação da comunidade escolar aliando os conhecimentos científicos e o desenvolvimento de conceitos e atitudes, tais como: a consciência pessoal, com relação ao meio ambiente, a observação detalhada, a organização, a análise, a comunicação, o uso da criatividade, o estabelecimento da segurança e da autonomia na aprendizagem, promovendo uma visão integrada do mundo em que vivemos.

Os alunos apresentam várias opiniões, com intuito de sensibilizar quanto aos desperdícios de materiais e a produzir instrumentos musicais presentes na natureza, associando a conceitos fenômenos físicos e sonoros, as práticas relacionadas com a contextualização da música inter-relacionando com a metafísica, criando um ambiente científico instigante com ênfase em bioacústica.

A educação ambiental se propõe a fomentar processos continuados como mudanças de valores, comportamentos, sentimentos e atitudes num respeito a diversidade biológica, cultural, étnica, proporcionando um exercício de interdisciplinaridade levando os alunos a tentar solucionar questões ligadas ao lixo utilizando diversas disciplinas como ferramentas, além de levá-los a compreensão dos princípios básicos da educação ambiental.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

Os resíduos sólidos (lixo) em questão é um grande tema gerado de debates no âmbito escolar de forma interdisciplinar, pois envolve questões relacionadas ao meio ambiente, cultura, saúde pública, política, problemas sociais, economia, é possível mostrar através da visão degenerescência, a importância da preservação e

investigação da natureza e a construção e manipulação de materiais artesanais que estão expostos do meio ambiente.

3. PROBLEMATIZAÇÃO – PROBLEMA / QUESTÃO INVESTIGATIVA

Como a comunidade escolar da Escola CEJA Professor Antônio Cesário Neto, Cuiabá-MT, articulam a interdisciplinaridade presente no processo ensino e aprendizagem nos quais a atualidade é marcada pela urbanização crescente, no qual os resíduos sólidos são expostos ao meio ambiente, a questão do consumismo desenfreado, a desigualdade social e a necessidade da participação do cidadão para a construção de um currículo integrado que valorize o conhecimento contextual nas quais várias disciplinas sejam vista como uma construção de aprendizagem e ferramentas voltadas para as praticas pedagógicas, construção de valores humanos e sociais em defesa de políticas publica para este setor.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Construir conhecimentos interdisciplinares sobre resíduos sólidos e os fenômenos inseridos no meio ambiente, cuja defesa é uma aprendizagem de projetos que consistem em fomentar experiências de aprendizagem que engajem os estudantes em projetos complexos do mundo real, através dos quais possam desenvolver e aplicar suas habilidades e conhecimentos.

4.2 Objetivo Específico

Estimular a curiosidade dos alunos para com os problemas do lixo em sua comunidade, ruas, praças.

Praticar a interdisciplinaridade, utilizando as disciplinas como ferramentas para investigação de um problema proposto.

Reconhecer os ciclos da natureza, através de uma visão complexa e dos resíduos produzidos pelo homem.

Incentivar a discussão e o interesse na participação do problema na sua comunidade.

Construir e manipular instrumentos musicais com os efeitos sonoros.

Conhecer soluções para melhoria na qualidade de vida da comunidade local de maior relevância.

É importante ressaltar que, apesar da delimitação de cada disciplina envolvida, todos os professores procuram abordar aspectos das outras disciplinas participantes.

Ao decorrer da atividade realizada, foi realizada uma oficina bioacústica como forma de se organizar o conhecimento escolar, se sistematizou, a partir do dossiê do trabalho, da avaliação e da memória, que em forma de anotações, o professor foi realizando sobre o que, em realidade, houve a contextualização dos conteúdos. Isso permitiu, além disso, ter um instrumento de intercâmbio com outros colegas.

Uma pauta de referência para contrastá-la com os objetivos finais e com o próprio planejamento realizado no contexto educacional permeando em todas as disciplinas.

5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a de projetos, apoiado em Nilbo Ribeiro Nogueira a qual propicia a investigação e a experimentação in loco, onde os alunos são vistos com sujeitos participantes e produtores de seu próprio conhecimento, na perspectiva freiriana de ensino que privilegie a reflexão-ação-reflexão da realidade (observação) e a teorização realizada pelos diferentes sujeitos na sala de aula, junto aos professores de diferentes áreas do conhecimento. Advindos da teoria e a prática, uso de mídias (vídeos e filmes) e estudos de textos e debates que possibilita a retroalimentação do processo ensino e aprendizagem, a partir dos conhecimentos prévios dos educandos e formulação de questionários e sua aplicação, onde precisamos de um currículo escolar que dialogue os fatos fundamentais da vida e a necessidade de estratégias de ensino adequadas a um currículo integrado, valorizando o conhecimento contextual de aprendizagem fomentando construção de experiências que os alunos possam construir manipular e aplicar seus conhecimentos físicos e científicos.

A equipe de alunos pesquisou sobre os assuntos relacionados ao tema como: reciclagem, reaproveitamento, cidadania, impactos ambientais causados pelo acúmulo e tratamento inadequado do lixo, artistas plásticos que utilizam o lixo, instrumentos musicais artesanais.

A partir destas informações, a equipe de alunos e professores começou a estruturar as práticas adotadas para abordar as questões e estratégias de ensino, integrando a outras áreas de conhecimento ligado a musicalidade, como proposta de construir instrumentos musicais com objetos e resíduos descartados como coco, bambu, ferro, pedras, tubos pvc, raio de bicicleta, sementes, tampas de garrafa pet, cujas ações foram voltadas para a construção de berimbaus, chocalhos, belisco fone, pau da chuva, didjerído, tambores, carros, dentre outros, com objetivo de novas atitudes em repensar nossos hábitos e promovendo a disseminação do conhecimento e promovendo a consciência ambiental, ética e cidadania entrelaçando a bioecoativa.

O tratamento de informação levou-se em conta as várias fontes de informação: livros, vídeos, materiais de entidades ecológicas, jornais, revistas, visitas, tivemos diferentes fontes levando um implícito processamento diferenciado. Uma vez delimitado o que seria abordado realizou uma provisão de fatos, conceitos, princípios, procedimentos cognitivos instrumentais e as atitudes que poderiam ser tratadas a partir do tema em questão, durante a ação, realizada durante o projeto, os professores foram incorporando, a partir das suas reflexões sobre a turma, os aspectos que resultaram de maior relevância.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho proporcionou a possibilidade de realizar este projeto de acordo com a filosofia pedagógica, que prioriza a formação de um cidadão consciente e participativo, além de acreditar na interdisciplinaridade e na investigação de problemas presentes na vida do aluno, procurando associar os conhecimentos científicos com a vida cotidiana, contudo a prática pedagógica cada vez mais vem rompendo com a fragmentação do saber, criando um diálogo produtivo entre as disciplinas, oferecendo as situações de aprendizagem capazes de torna-los cidadãos competentes para exercer uma ação transformadora na sociedade.

Tínhamos a sensibilização para o problema do lixo de uma forma real e não apenas ligado ao conteúdo escolar, mostrar que a questão ambiental é muito mais complexa do que apenas ecológica e promover a alfabetização ecológica, além disso, fortalecer sentimento do que é ser cidadão e incentivar a investigação de uma série de questões de origem social, econômica, política e morais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto, Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quartos ciclos do ensino fundamental. Brasília, 1998.

COPRA, F. O Tao do Físico, um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental. Trabalho original publicado em 1973, Rio de Janeiro: Cultrix, 1982.

COPRA, F. Alfabetização Ecológica: O desafio para educação no século XXI IN TRIGUEIRO, A. (org.). Meio ambiente no século XXI. Rio de Janeiro, RJ: SEXTANTE, 2003.

FREIRE, Paulo. Pedagogia dos oprimidos: Paz e Terra, 1978.

NOGUEIRA, Nilbo Ribeiro, Pedagogia de Projetos – uma jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das Múltiplas Inteligências, São Paulo: Érica. 2002

CAPÍTULO 14

PROJETO DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA DA ESCOLA MUNICIPAL MAXIMIANO ARCANJO DA CRUZ: ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DA FABRICAÇÃO DA RAPADURA, BOM SUCESSO – VÁRZEA GRANDE, MT, COM FOCO NA ECONOMIA SOLIDÁRIA

Ione Pires Arruda

EMEB: Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: ionefisica2011@hotmail.com

Jozil Gabriel Teixeira

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: josilteixeira@hotmail.com

Lúcia Regina dos Santos

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: luciarelg@hotmail.com

Maria Inez Silva Pereira

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: pereira.inez@hotmail.com

Suely Guimarães de Souza

EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz
E-mail: sguimaraes63@gmail.com

Jorge Marques de Arruda

Faculdade Impacto Brasil - FACIB
E-mail: jorgemarquesdearruda@gmail.com

Resumo: O Projeto de Intervenção Pedagógica ocorreu durante o III Bimestre/2014, na Escola Municipal Maximiano Arcanjo da Cruz, Cuiabá-MT. Com participação de professores das áreas de Linguagem, Humanas e Ciências da Natureza e Matemática, Educação Básica, Ensino Fundamental, modalidade EJA, no período noturno com envolvimento da comunidade escolar (gestores, professores, servidores e alunos). Com objetivo de construir conhecimentos interdisciplinares sobre os fenômenos presentes no processo da cadeia produtiva da cana de açúcar (rapadura) como elemento gerador de economia, a fim de produzir conhecimentos através dos diferentes gêneros textuais em parceria com Associação de pequenos produtores rural misto da comunidade de Bom Sucesso em Várzea Grande – MT. A metodologia utilizada foi a de projetos, apoiado em Nilbo Ribeiro, que propicia a investigação e experimentação onde os alunos são vistos como sujeitos participantes e produtores de seu próprio conhecimento. A avaliação do projeto foi de forma continua presente em todas as etapas (sala de aula ou aula de campo) com reflexão, dialogo e estudos sobre os fenômenos ocorridos, com produção individual, em grupo com apresentação para toda a comunidade escolar em um evento de culminância do projeto.

Palavras-chave: Projeto; Interdisciplinaridade; Economia Solidária.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo construir conhecimentos interdisciplinares sobre os fenômenos presentes no processo da cadeia produtiva da cana de açúcar como elemento gerador de economia, a fim de produzir conhecimentos através das diferentes áreas do conhecimento (científico e tecnológico) presente no processo de produção da rapadura em conjunto com Associação de Pequenos Produtores Rural Misto da Comunidade de Bom Sucesso em Várzea Grande – MT.

Optamos em realizar o estudo com base na metodologia de projetos, apoiado em Nilbo Ribeiro Nogueira a qual propicia a investigação e a experimentação in loco, onde os alunos são vistos como sujeitos participantes e produtores de seu próprio conhecimento, na perspectiva freiriana de ensino de Paulo Freire, Paul Singre, entre outros autores, que privilegie a reflexão-ação-reflexão da realidade (observação) e a teorização realizada pelos diferentes sujeitos na sala de aula, junto aos professores de diferentes áreas do conhecimento, priorizando a relação entre a Economia Solidária e cidadania.

Os alunos apresentam várias opiniões, incluindo diversos aspectos da Linguagem, Ciências da Natureza e matemática e o seu cotidiano. Além de fazer parte do seu cotidiano e despertar interesses dos mesmos sobre a organização e gestão através da interdisciplinaridade enfocando as questões sociais, éticas, políticas e economia solidária.

A aproximação entre a cadeia produtiva e os produtores e seus empreendimentos nos possibilitam visão ampla a cerca da economia solidária e seus fenômenos que se dão nas esferas de produção, distribuição, consumo, poupança, crédito e que podem tornar a forma de cooperativas, associações, clubes de trocas, empresas auto gerenciáveis, fundos rotativos, entre outros. Tais práticas econômicas estão crescendo não só no Brasil, mas em várias outras partes do mundo (Singer, 2004).

Ao longo dos últimos 15 anos, a economia solidária no Brasil vem ganhando amplitude como movimento social e também como políticas públicas do governo federal, estadual e municipal.

Nesta perspectiva aproximamos os conhecimentos científicos e tecnológicos entre as comunidades (escolar e produtora) e refletindo e dialogando sobre as mazelas de exclusão historicamente presente, acreditando que com a informação, com a organização e luta podemos contribuir para a transformação, inclusão e superação do modelo hegemônico de produção, de distribuição, de bens de consumo e serviços que

enfatem competição e individualismo, priorizando outros modos como a cooperação, solidariedade, autogestão, que são princípios fundamentos da economia solidária.

2. PROBLEMATIZAÇÃO: PROBLEMA/QUESTÃO INVESTIGATIVA

“Como a comunidade escolar da EMEB – Maximiano Arcanjo da Cruz, Cuiabá-MT, articulam a interdisciplinaridade presente no processo ensino e aprendizagem com os fenômenos presentes na produção da cana-de-açúcar (rapadura) e a economia solidaria, no estudo e na atividade, no conceito, no procedimento e atitude (individual e coletiva) que favoreça a convivência e a solidariedade no ambiente escolar e na sociedade?”.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

Construir conhecimentos interdisciplinares sobre os fenômenos presentes no processo da cadeia produtiva da cana de açúcar como elemento gerador de economia, a fim de produzir conhecimentos através das diferentes áreas do conhecimento (científico e tecnológico) presente no processo de produção da rapadura em conjunto com Associação de Pequenos Produtores Rural Misto da Comunidade de Bom Sucesso em Várzea Grande – MT.

3.2 Objetivos Específicos

Organizar a equipe e atividade a serem desenvolvidas no projeto de forma interdisciplinar;

Mobilizar a comunidade escolar referente as atividades interdisciplinares e experimental sobre a economia solidária, a fim de gerar ações participativas e respeitadas no âmbito escolar e na comunidade produtora;

Possibilitar a participação efetiva de professores e alunos na discussão e construção de conhecimentos que viabilize o diálogo, respeito e atitudes de forma autônoma e livre.

Elaborar questionário: nas turmas do segundo segmento (8º e 9º ano) do ensino fundamental, a fim de aplicar a teoria da informação (razão, média, porcentagem, regra de três, gráficos), sistematizar, interpretar e registrar os diferentes dados gerados através de entrevista com produtores advindas das aulas de campo;

Reconhecer os níveis e registros de linguagem, utilizando-os em produção de diferentes gêneros textuais, bem como, a elaboração de relatórios individuais e em grupos.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a de projetos, apoiado em Nilbo Ribeiro Nogueira a qual propicia a investigação e a experimentação *in loco*, onde os alunos são vistos com sujeitos participantes e produtores de seu próprio conhecimento, na perspectiva freiriana de ensino que privilegie a reflexão-ação-reflexão da realidade (observação) e a teorização realizada pelos diferentes sujeitos na sala de aula, junto aos professores de diferentes áreas do conhecimento. Advindos da teoria e a prática, uso de mídias (vídeos e filmes) e estudos de textos e debates que possibilita a retroalimentação do processo ensino e aprendizagem, a partir dos conhecimentos prévios dos educandos e formulação de questionários e sua aplicação.

As estratégias prioritárias no desenvolvimento da intervenção pedagógica interdisciplinar na EJA foram:

- a) Uso de mídia com vídeo e filme;
- b) Leitura de sinopse do filme;
- c) Aula de campo: visita a comunidade produtora;
- d) Estudo em grupo

e) Leitura, escrita e produção de relatórios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propiciou a interface entre a observação e experimentação para a construção teórica, através da contextualização do tema em pesquisa. Elucidamos novos caminhos e maior reconhecimento dos mesmos para que a economia solidária se expanda cada vez mais, pois a economia solidária não é um novo sistema econômico, mas é uma forma de vida oferecendo novas oportunidades de trabalho e consumo ambiental.

Os empreendimentos solidários, além de se preocupar com a eficiência econômica e os benefícios materiais que produzem, buscam eficiência social, estabelecendo uma relação harmoniosa com a natureza melhorando a qualidade de vida e equilíbrio dos ecossistemas.

Vimos que, através dos pressupostos da pesquisa, observamos que é possível ocorrer desenvolvimento ecologicamente sustentável, socialmente justo e dinâmico, estimulando a cadeias produtivas solidárias, locais e regionais.

O trabalho em questão objetivou colocar em evidência a prática de intervenção pedagógica, consolidada nas etapas de experimentação e teorização dentro e fora sala de aula, bem como, as ações e metas propostas de forma interdisciplinar que possibilitou o registro (relatório), que melhorou consideradamente a leitura, escrita e vivencias dos diferentes níveis de escolarização dos educando de nossa comunidade escolar.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília-DF, Senado, 1988.

_____, **Parâmetros Curriculares Nacionais: pluralidade cultural**. Vol. 10, Brasília-DF, MEC, SEF, 1987.

BARBOSA, R.N.C. A economia solidária como política: uma tendência de geração de rendas e ressignificação do trabalho no Brasil, São Paulo: Cortez, 2007.

CARVALHO, José M. **Cidadania no Brasil: o longo caminho**, 9ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia dos Oprimidos: Paz e terra**, 1978.

NASCIMENTO, Cláudio; Autogestão e o novo cooperativismo, 2004.

NOGUEIRA, Nilbo Ribeiro, Pedagogia de Projetos – uma jornada interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das Múltiplas Inteligências, São Paulo: Érica. 2002

SINGER, Paul. A economia solidária no Brasil: a autogestão como resposta do desemprego, São Paulo: Contexto, 2000.

CAPÍTULO 15

SEMISSÍNTESE E AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DOS DERIVADOS DO FUCOSTEROL

Francisco Erivaldo Freitas da Silva

Mestre em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará – UFC
Grupo de Pesquisa em Biotecnologia e Espectrometria de Massas – bioMASS
E-mail: erivaldo_009@hotmail.com

Fábio do Nascimento Ávila

Doutor em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará – UFC
Departamento de Química Orgânica e Inorgânica – UFC
E-mail: fnascimentoavila@gmail.com

Gilvandete Maria Pinheiro Santiago

Professora Titular do Departamento de Farmácia da Universidade Federal do Ceará – UFC
E-mail: gil@ufc.br

Otília Deusdênia Loiola Pessoa

Professora Titular do Departamento de Química orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará – UFC
E-mail: otillioiola@gmail.com

José Galberto Martins da Costa

Professor Associado “O” do Departamento de Química Biológica da Universidade Regional de Cariri – URCA
E-mail: galberto@urca.br

Gardênia Carmen Gadelha Militão

Professora Associada “I” do Departamento Fisiologia e Farmacologia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
E-mail: gardenia.militao@ufpe.br

Resumo: O fucosterol (1) é um esterol que pode ser isolado em quantidades significativas de algas marinhas e diatomáceas, e apresenta propriedades antibacteriana, citotóxica, antioxidante, anti-inflamatória e antifúngica. Em vista de seu potencial biológico, derivados esterificados foram preparados com diferentes ácidos carboxílicos aromáticos na presença de *N,N'*-diciclo-hexilcarbodiimida (DCC) e 4-*N,N'*-dimetilaminopiridina (DMAP). Este trabalho descreve o isolamento do fucosterol (1) a partir da alga *Lobophora variegata*, e a preparação dos derivados semissintéticos *p*-fluorobenzoato de fucosterol (2), *p*-clorobenzoato de fucosterol (3), *p*-bromobenzoato de fucosterol (4) e *p*-nitrobenzoato de fucosterol (5), bem como a avaliação da atividade antibacteriana sobre cepas de bactérias *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 10031), *Escherichia coli* (ATCC 10536), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442), *Streptococcus mutans* (ATCC 0046) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) e citotóxica frente às linhagens de células tumorais humanas MCF-7 (carcinoma de mama), HL-60 (leucemia promielocítica) e HCT-116 (câncer colorretal). Os derivados

2-5 foram purificados através de cromatografia em gel de sílica e foram obtidos em bons rendimentos (81-89%). As estruturas dessas substâncias foram caracterizadas por métodos espectroscópicos (IV, RMN ¹H e ¹³C) e espectrométrico (EM). A atividade citotóxica do fucosterol (**1**) e seus derivados (**2-5**) foi investigada, através do método do MTT, no entanto, nenhuma amostra apresentou inibição significativa. A atividade antibacteriana dos compostos **1-5** também foi avaliada por meio do método de microdiluição e o composto **2** apresentou atividade moderada para a cepa de *K. pneumoniae* com CIM de 128 µg/mL, enquanto que o derivado **3** exibiu maior atividade do que o material de partida (**1**) nas cepas de *S. mutans* e *P. aeruginosa* (CIM de 256 µg/mL). Este é o primeiro relato da atividade antibacteriana dos derivados do fucosterol **2-5**.

Palavras-chave: *Lobophora variegata*; Fucosterol; Derivados; Atividade antibacteriana.

Abstract: Fucosterol (**1**) is a sterol isolated in significant amounts from seaweeds and diatoms, and exhibits antibacterial, cytotoxic, antioxidant, anti-inflammatory and antifungal properties. In view of its medical potential, several ester derivatives were performed with different aromatic carboxylic acids in the presence of *N,N*-dicyclohexylcarbodiimide (DCC) and 4-*N,N*-dimethylaminopyridine (DMAP). This work describes the isolation of fucosterol (**1**) from the seaweed *Lobophora variegata*, and the preparation of semi-synthetic derivatives fucosterol *p*-fluorobenzoate (**2**), fucosterol *p*-chlorobenzoate (**3**), fucosterol *p*-bromobenzoate (**4**) and fucosterol *p*-nitrobenzoate (**5**), as well as the antibacterial activity against the strains of *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 10031), *Escherichia coli* (ATCC 10536), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442), *Streptococcus mutans* (ATCC 0046) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), and cytotoxic on the human cancer cell lines: MCF-7 (breast carcinoma), HL-60 (promyelocytic leukemia), and HCT-116 (colorectal cancer). Derivatives **2-5** were purified by silica gel chromatography and were obtained in good yields (81-89%). The structures of these substances were characterized by spectroscopic (IR, ¹H NMR and ¹³C NMR) and spectrometric (MS) methods. The cytotoxic activity of fucosterol (**1**) and its derivatives (**2-5**) was investigated using the MTT method, however, no sample showed inhibition. The antibacterial activity of compounds **1-5** was also evaluated using the microdilution method and compound **2** showed moderate activity against the *K. pneumoniae* strain with MIC of 128 µg/mL, while derivative **3** exhibited greater activity than starting material (**1**) in *S. mutans* and *P. aeruginosa* strains (MIC of 256 µg/ml). This is the first report of the antibacterial activity of fucosterol derivatives **2-5**.

Keywords: *Lobophora variegata*; Fucosterol; Derivatives; Antibacterial activity.

1. INTRODUÇÃO

As doenças infecciosas causadas por bactérias ainda representam um grande problema de saúde em todo o mundo (WHO, 2019), sendo responsáveis por cerca de 70% dos casos de morte relacionados a microrganismos (WHO, 2020). Assim, a busca por novos agentes antibacterianos é necessária devido ao aumento considerável na resistência de patógenos clinicamente relevantes aos antibióticos (LUEPKE *et al.*, 2017).

Dentre as novas áreas exploradas para superar as infecções bacterianas, os organismos marinhos parecem oferecer uma alternativa ideal, por serem fontes prontamente disponíveis de substâncias bioativas, capazes de alterar ou modular a ação do antibiótico, aumentando ou diminuindo a atividade do medicamento (RAMACHANDRAN *et al.*, 2018).

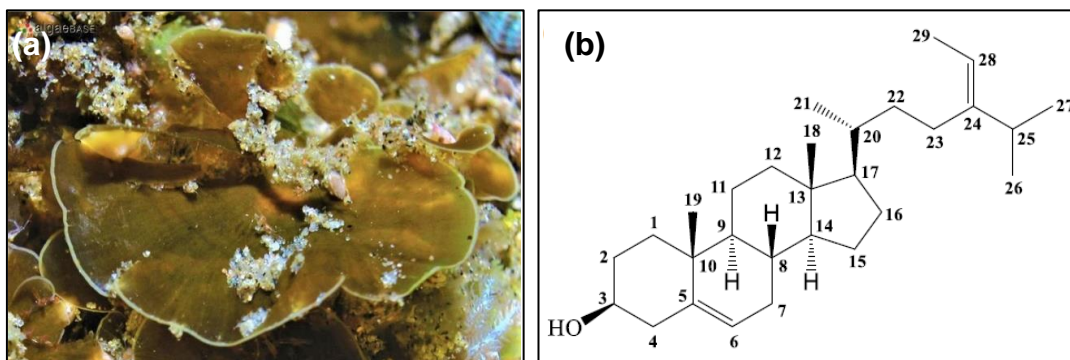
Os esteroides representam uma das classes mais importantes de compostos bioativos, apresentando uma grande variedade de atividades biológicas, tais como antibacteriana (NADARAIA *et al.*, 2019), moduladora da ação antibiótica (ANDRADE *et al.*, 2014), inibitória de bomba de efluxo (ELKINS; MULLIS, 2006) e citotóxica (LI *et al.*, 2020). Assim, a derivatização desses compostos pode constituir uma estratégia crucial no estudo de substâncias bioativas, contribuindo para o conhecimento de suas propriedades biológicas e/ou farmacológicas (LU *et al.*, 2018).

Entre os principais esteroides presentes nos organismos marinhos estão o fucosterol, campesterol, sitosterol e estigmasterol (BAKAR *et al.*, 2019). Fucosterol (**1**) (Figura 1b), também conhecido como (3 β ,20R,24E)-estigmasta-5,24(28)-dien-3-ol, pode ser isolado em quantidades significativas de algas marinhas e diatomáceas (ABDUL *et al.*, 2016; MEINITA *et al.*, 2021) e exibe propriedades antibacteriana (KUMAR *et al.*, 2010), antifúngica (TYSKIEWICZ *et al.*, 2019), citotóxica (FERNANDEZ *et al.*, 2021), antioxidante (OKTAVIANI *et al.*, 2019) e anti-inflamatória (JAYAWARDENA *et al.*, 2020). Tendo em vista o potencial biológico do fucosterol (**1**), vários derivados esterificados deste composto (**1**) foram preparados.

Este trabalho descreve o isolamento do fucosterol (**1**) a partir da alga *Lobophora variegata* (Figura 1a), e a preparação de quatro derivados: *p*-fluorobenzoato de fucosterol (**2**), *p*-clorobenzoato de fucosterol (**3**), *p*-bromobenzoato de fucosterol (**4**) e

p-nitrobenzoato de fucosterol (5), bem como avaliação de suas propriedades antibacteriana e citotóxica.

Figura 1: (a) Espécime de *Lobophora variegata*; (b) Estrutura química do fucosterol (1).



Fonte: Adaptado de Guiry e Guiry (2016).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Procedimentos experimentais gerais

Os pontos de fusão, não corrigidos, foram determinados em um aparelho digital de ponto de fusão MQAPF-302 (Microquímica), com uma taxa de aquecimento de 1,5°C/min. Os espectros de infravermelho (IV) foram obtidos em um espectrômetro FT-IR, FTLA 2000-102 (ABB-BOMEM) com pastilhas de KBr e outras análises foram obtidas utilizando acessórios de refletância total atenuada (ATR) e com superfície de cristal de seleneto de zinco (ZnSe). As rotações ópticas foram medidas em um polarímetro JASCO P-2000, a 21°C. Os espectros de ressonância magnética nuclear (RMN) de ¹H (500 e 300 MHz) e ¹³C (125 e 75 MHz) foram realizados em um espectrômetro Bruker Avance DPX-300. Os espectros foram adquiridos usando CDCl₃ como solvente. Os espectros de CG-EMBR foram adquiridos usando um espectrômetro modelo GCMS QP-2010 SE (Shimadzu, Japão) com coluna Rtx®- 5MS (95% dimetilpolisiloxano e 5% difenil) de 30 mm de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 µm de espessura de filme (fase fixa), temperatura do injetor e detector de 260 e 300°C, respectivamente. Para os procedimentos de cromatografia em coluna, foi utilizada gel de sílica 60 (malha 70-230, Vetec, Rio de Janeiro, Brasil). A cromatografia em camada delgada (CCD) foi realizada em folhas de alumínio pré-revestidas de sílica gel de 0,2 mm (sílica gel 60 F254, Merck), e os pontos visualizados

por aquecimento (100°C) das placas pulverizadas com uma solução de vanilina/ácido perclórico/EtOH.

2.2 Organismo marinho

A alga marrom, *Lobophora variegata* (JVLamouroux) Womersley, foi coletada na Praia da Pedra Rachada, Estado do Ceará, Brasil (3°23'55,6"S,39° 00'47,5"W), durante a maré baixa. O espécime de *L. variegata* (voucher nº HMAR 2997) foi depositado no Herbário Professora Francisca Pinheiro (LABOMAR-UFC).

2.3 Extração e isolamento

Lobophora variegata (1,4 Kg), foi seco à temperatura ambiente, moído e submetido à extração sequencial com *n*-hexano, AcOEt e EtOH, resultando nos respectivos extratos orgânicos após a evaporação dos solventes sob pressão reduzida. O extrato hexânico (4,2 g) foi submetido a um fracionamento cromatográfico em coluna aberta, sendo misturado a 5,4 g de gel sílica e acondicionado sobre 39,3 g de gel de sílica. Utilizou-se a mistura de *n*-hexano/AcOEt (300,0 mL cada) nas proporções de 100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40; 50:50; 0:100 (v/v), obtendo-se 7 frações (A-G), respectivamente. A fração B (1 g) eluída com *n*-hexano/AcOEt (90:10 v/v) foi submetida à cromatografia em gel de sílica em coluna cromatográfica sob média pressão, fornecendo majoritariamente um sólido amorfo branco (680 mg).

2.3.1 Fucosterol (1)

Sólido amorfo branco; p.f. = 128,5-129,5°C [(literatura (KHANAVI *et al.*, 2012) p.f. = 124°C)]; com $[\alpha]_D^{21} = +13,70$ ($c = 0,1$; CHCl₃) [(literatura (HUH *et al.*, 2012) $[\alpha]_D = +36,0$ ($c = 0,74$; CHCl₃)]; IV (ATR) ν_{\max} 3338, 2934, 2866, 1667, 1047 cm⁻¹. RMN ¹H (CDCl₃, 500 MHz): δ 3,52 (*m*, 1H, CH-3); δ 5,35 (*d*, $J = 5,0$ Hz, 1H, CH-6); δ 0,69 (*s*, 3H, CH₃-18); δ 1,01 (*s*, 3H, CH₃-19); δ 0,99 (*d*, $J = 6,4$ Hz, 3H, CH₃-21); δ 0,98 (*d*, $J = 6,5$ Hz, 3H, CH₃-26); δ 0,99 (*d*, $J = 6,4$ Hz, 3H, CH₃-27); δ 5,18 (*q*, $J = 6,5$ Hz, 1H, CH-28); δ 1,57 (*d*, $J = 6,5$ Hz, 3H, CH₃-29); RMN ¹³C (CDCl₃, 125 MHz): δ 37,4 (CH₂-1), δ 31,8 (CH₂-2), δ 75,0 (CH-3), δ 42,5 (CH₂-4), δ 140,9 (C-5), δ 121,9 (CH-6), δ 31,8

(CH₂-7), δ 32,1 (CH-8), δ 50,3 (CH-9), δ 36,7 (C-10), δ 21,3 (CH₂-11), δ 39,9 (CH₂-12), δ 42,5 (C-13), δ 56,9 (CH-14), δ 24,5 (CH₂-15), δ 28,4 (CH₂-16), δ 56,0 (CH-17), δ 12,0 (CH₃-18), δ 19,6 (CH₃-19), δ 36,6 (CH-20), δ 18,9 (CH₃-21), δ 35,4 (CH₂-22), δ 25,9 (CH₂-23), δ 147,2 (C-24), δ 35,0 (CH-25), δ 22,4 (CH₃-26), δ 22,3 (CH₃-27), δ 115,7 (CH-28), δ 13,4 (CH₃-29); CG-EMBR: m/z 394 (a), m/z 120 (b), m/z 105 (c), m/z 145 (d), m/z 213 (e) (Fragmentos característicos, ver Material suplementar).

2.4 Derivatização química

2.4.1 Procedimento geral para a preparação dos derivados 2-5

A uma solução de fucosterol (**1**, 20 mg, 0,049 mmol), ácido *p*-fluorobenzoico (51,00 mg, 0,3639 mmol), ácido *p*-clorobenzoico (57,0 mg, 0,3639 mmol), ácido *p*-bromobenzoico (73,2 mg, 0,3739 mmol) ou ácido *p*-nitrobenzoico (60,8 mg, 0,3639 mmol) em CH₂Cl₂ (10 mL), foi adicionado *N,N*-díciclo-hexilcarbodiimida (DCC) (54 mg, 0,2621 mmol) e quantidades catalíticas de 4-(*N,N*-dimetilamino) piridina (DMAP) (5 mg). Após agitação sob refluxo por 4 h, a díciclo-hexilureia formada foi removida por filtração (NARENDER *et al.*, 2009). Em seguida, o solvente foi evaporado sob pressão reduzida e os produtos brutos foram purificados por cromatografia em coluna com gel de sílica (18 g) eluída com *n*-hexano/AcOEt (99: 1 v/v).

2.4.1.1 *p*-fluorobenzoato de fucosterol (**2**)

Sólido amorfo branco; 22,15 mg; rendimento 83%; p.f. = 135,2-135,7°C; $[\alpha]_D^{21} = +21,9$ ($c = 0,1$; CHCl₃); IV (KBr cm⁻¹) ν_{\max} 1716, 1463, 1111, 767 cm⁻¹; RMN ¹H (CDCl₃, 300 MHz): δ 8,06 (*dt*, $J = 5,4$ e $2,0$ Hz, 2H, CH-3'/CH-7'); δ 7,10 (*t*, $J = 8,6$ Hz, 2H, CH-4'/CH-6'); δ 4,85 (*m*, 1H, CH-3); δ 5,42 (*d*, $J = 4,0$ Hz, 1H, CH-6); δ 0,70 (*s*, 3H, CH₃-18); δ 1,07 (*s*, 3H, CH₃-19); δ 1,01 (*d*, $J = 6,4$ Hz, 3H, CH₃-21); δ 0,98 (*d*, $J = 6,7$ Hz, 3H, CH₃-26); δ 1,00 (*d*, $J = 6,6$ Hz, 3H, CH₃-27); δ 5,19 (*q*, $J = 6,6$ Hz, 1H, CH-28); δ 1,58 (*d*, $J = 6,5$ Hz, 3H, CH₃-29); RMN ¹³C (CDCl₃, 75 MHz): δ 37,2 (CH₂-1), δ 28,1 (CH₂-2), δ 75,0 (CH-3), δ 39,9 (CH₂-4), δ 139,8 (C-5), δ 123,0 (CH-6), δ 32,1 (CH₂-7), δ 32,1 (CH-8), δ 50,2 (CH-9), δ 36,8 (C-10), δ 21,2 (CH₂-11), δ 38,4 (CH₂-12), δ 42,5 (C-13), δ 56,9 (CH-14), δ 24,9 (CH₂-15), δ 28,4 (CH₂-16), δ 56,0 (CH-17), δ 12,0 (CH₃-

18), δ 19,5 (CH₃-19), δ 36,6 (CH-20), δ 18,9 (CH₃-21), δ 35,4 (CH₂-22), δ 24,5 (CH₂-23), δ 147,2 (C-24), δ 35,0 (CH-25), δ 22,4 (CH₃-26), δ 22,3 (CH₃-27), δ 115,7 (CH-28), δ 13,4 (CH₃-29); δ 165,2 (C-1'), δ 127,3 (C-2'), δ 132,3 (CH-3'), δ 132,2 (CH-4'); δ 167,6 (¹³C-¹⁹F-5'); δ 132,2 (CH-6'); δ 132,3 (CH-7'); CG-EMBR: m/z 394 (a), m/z 255 (b), m/z 228 (c), m/z 213 (d), m/z 95 (f) (Fragmentos característicos, ver Material suplementar).

2.4.1.2 *p*-clorobenzoato de fucosterol (3)

Sólido amorfo branco; 24,5 mg; rendimento 89%; p.f. = 112,5-113,5°C; $[\alpha]_D^{21} = -23,10$ ($c = 0,1$; CHCl₃); IV (KBr cm⁻¹) ν_{\max} 2939, 2861, 1709, 1457, 758, 1120 cm⁻¹; RMN ¹H (CDCl₃, 300 MHz): δ 7,98 (*d*, $J = 8,5$ Hz, 2H, CH-3'/CH-7'); δ 7,41 (*d*, $J = 8,5$ Hz, 2H, CH-4'/CH-6'); δ 4,85 (*m*, 1H, CH-3); δ 5,43 (*d*, $J = 3,9$ Hz, 1H, CH-6); δ 0,71 (*s*, 3H, CH₃-18); δ 1,07 (*s*, 3H, CH₃-19); δ 1,01 (*d*, $J = 6,4$ Hz, 3H, CH₃-21); δ 0,98 (*d*, $J = 6,7$ Hz, 3H, CH₃-26); δ 1,00 (*d*, $J = 6,6$ Hz, 3H, CH₃-27); δ 5,19 (*q*, $J = 6,6$ Hz, 1H, CH-28); δ 1,58 (*d*, $J = 6,5$ Hz, 3H, CH₃-29); RMN ¹³C (CDCl₃, 75 MHz): δ 37,2 (CH₂-1), δ 28,1 (CH₂-2), δ 75,1 (CH-3), δ 39,9 (CH₂-4), δ 139,7 (C-5), δ 123,1 (CH-6), δ 32,1 (CH₂-7), δ 32,1 (CH-8), δ 50,2 (CH-9), δ 36,8 (C-10), δ 21,3 (CH₂-11), δ 38,4 (CH₂-12), δ 42,6 (C-13), δ 56,9 (CH-14), δ 25,9 (CH₂-15), δ 28,4 (CH₂-16), δ 56,0 (CH-17), δ 12,0 (CH₃-18), δ 19,6 (CH₃-19), δ 36,6 (CH-20), δ 18,9 (CH₃-21), δ 35,4 (CH₂-22), δ 24,5 (CH₂-23), δ 147,2 (C-24), δ 35,0 (CH-25), δ 22,4 (CH₃-26), δ 22,3 (CH₃-27), δ 115,8 (CH-28), δ 13,4 (CH₃-29); δ 165,3 (C-1'), δ 129,5 (C-2'), δ 131,1 (CH-3'), δ 128,8 (CH-4'); δ 139,3 (C-5'); δ 128,8 (CH-6'); δ 131,1 (CH-7'); CG-EMBR: m/z 394 (a), m/z 255 (b), m/z 228 (c), m/z 213 (d), m/z 139 (e), m/z 111 (f) (Fragmentos característicos, ver Material suplementar).

2.4.1.3 *p*-bromobenzoato de fucosterol (4)

Sólido amorfo branco; 25,2 mg; rendimento 85%; p.f. = 110,5-110,7°C; $[\alpha]_D^{21} = +28,3$ ($c = 0,1$; CHCl₃); IV (KBr cm⁻¹) ν_{\max} 1708, 1460, 1278, 1116, 761 cm⁻¹; RMN ¹H (CDCl₃, 300 MHz): δ 7,90 (*d*, $J = 8,4$ Hz, 2H, CH-3'/CH-7'); δ 7,57 (*d*, $J = 8,4$ Hz, 2H, CH-4'/CH-6'); δ 4,84 (*m*, 1H, CH-3); δ 5,42 (*d*, $J = 5,42$ Hz, 1H, CH-6); δ 0,70 (*s*, 3H, CH₃-18); δ 1,07 (*s*, 3H, CH₃-19); δ 1,01 (*d*, $J = 6,4$ Hz, 3H, CH₃-21); δ 0,98 (*d*, $J = 6,7$

Hz, 3H, CH₃-26); δ 1,00 (*d*, *J* = 6,6 Hz, 3H, CH₃-27); δ 5,19 (*q*, *J* = 6,6 Hz, 1H, CH-28); δ 1,58 (*d*, *J* = 6,5 Hz, 3H, CH₃-29); RMN ¹³C (CDCl₃, 75 MHz): δ 37,2 (CH₂-1), δ 28,0 (CH₂-2), δ 75,1 (CH-3), δ 39,9 (CH₂-4), δ 139,7 (C-5), δ 123,1 (CH-6), δ 32,1 (CH₂-7), δ 32,1 (CH-8), δ 50,2 (CH-9), δ 36,8 (C-10), δ 21,3 (CH₂-11), δ 38,3 (CH₂-12), δ 42,5 (C-13), δ 56,8 (CH-14), δ 25,9 (CH₂-15), δ 28,4 (CH₂-16), δ 55,9 (CH-17), δ 12,0 (CH₃-18), δ 19,6 (CH₃-19), δ 36,6 (CH-20), δ 18,9 (CH₃-21), δ 35,4 (CH₂-22), δ 24,5 (CH₂-23), δ 147,2 (C-24), δ 35,0 (CH-25), δ 22,4 (CH₃-26), δ 22,3 (CH₃-27), δ 115,7 (CH-28), δ 13,4 (CH₃-29); δ 165,5 (C-1'), δ 129,9 (C-2'), δ 131,8 (CH-3'), δ 131,3 (CH-4'); δ 128,0 (C-5'); δ 131,3 (CH-6'); δ 131,8 (CH-7'); CG-EMBR: *m/z* 394 (a), *m/z* 255 (b), *m/z* 228 (c), *m/z* 213 (d), *m/z* 184 (e), *m/z* 156 (f) (Fragmentos característicos, ver Material suplementar).

2.4.1.4 *p*-nitrobenzoato de fucosterol (5)

Sólido amorfo branco; 22,7 mg; rendimento 81%; p.f. = 111,2-111,4°C; $[\alpha]_D^{21} = -19,60$ (*c* = 0,1; CHCl₃); IV (KBr cm⁻¹) ν_{\max} 1719, 1523, 1550, 1380, 1351, 718 cm⁻¹; RMN ¹H (CDCl₃, 300 MHz): δ 8,2 (*d*, *J* = 8,7 Hz, 2H, CH-3'/CH-7'); δ 8,21 (*d*, *J* = 8,7 Hz, 2H, CH-4'/CH-6'); δ 4,91 (*m*, 1H, CH-3); δ 5,44 (*d*, *J* = 4,14 Hz, 1H, CH-6); δ 0,71 (*s*, 3H, CH₃-18); δ 1,08 (*s*, 3H, CH₃-19); δ 1,01 (*d*, *J* = 6,4 Hz, 3H, CH₃-21); δ 0,98 (*d*, *J* = 6,7 Hz, 3H, CH₃-26); δ 1,00 (*d*, *J* = 6,6 Hz, 3H, CH₃-27); δ 5,19 (*q*, *J* = 6,6 Hz, 1H, CH-28); δ 1,59 (*d*, *J* = 6,5 Hz, 3H, CH₃-29); RMN ¹³C (CDCl₃, 75 MHz): δ 37,2 (CH₂-1), δ 28,0 (CH₂-2), δ 75,0 (CH-3), δ 39,9 (CH₂-4), δ 139,4 (C-5), δ 123,4 (CH-6), δ 32,1 (CH₂-7), δ 32,1 (CH-8), δ 50,2 (CH-9), δ 36,8 (C-10), δ 21,2 (CH₂-11), δ 38,3 (CH₂-12), δ 42,5 (C-13), δ 56,9 (CH-14), δ 25,9 (CH₂-15), δ 28,4 (CH₂-16), δ 56,0 (CH-17), δ 12,0 (CH₃-18), δ 19,5 (CH₃-19), δ 36,6 (CH-20), δ 18,9 (CH₃-21), δ 35,4 (CH₂-22), δ 24,5 (CH₂-23), δ 147,2 (C-24), δ 35,0 (CH-25), δ 22,4 (CH₃-26), δ 22,3 (CH₃-27), δ 115,7 (CH-28), δ 13,4 (CH₃-29); δ 164,3 (C-1'), δ 136,4 (C-2'), δ 130,8 (CH-3'), δ 123,6 (CH-4'); δ 150,6 (C-5'); δ 123,6 (CH-6'); δ 130,8 (CH-7'); CG-EMBR: *m/z* 394 (a), *m/z* 255 (b), *m/z* 228 (c), *m/z* 213 (d), *m/z* 150 (e), *m/z* 122 (f) (Fragmentos característicos, ver Material suplementar).

2.5 Ensaios Biológicos

2.5.1 Atividade antibacteriana

A atividade antibacteriana das amostras foi avaliada através do método de microdiluição, com base no documento M7-A6 do NCCLS (CLSI, 2012). No ensaio foram utilizadas duas linhagens de bactérias Gram (+) *Streptococcus mutans* (ATCC 0046) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) e três Gram (-) *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 10031), *Escherichia coli* (ATCC 10536) e *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442), sendo estas linhagens padrão cedidas pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Previamente aos testes, as cepas bacterianas foram ativadas em meio *Brain Heart Infusion Broth* (BHI 3,8%) para o crescimento bacteriano (24 h, 35 ± 2°C). Após este subcultivo, o inóculo foi padronizado a partir de uma suspensão bacteriana a uma concentração final de aproximadamente 1 x 10⁸ UFC/mL (0,5 unidades de turbidez nefelométrica-escala McFarland). Em seguida, esta suspensão foi diluída a 1 x 10⁶ UFC/mL em caldo BHI a 10%, e volumes de 100 µL foram adicionados e então homogeneizados nos poços de uma placa de microdiluição acrescido de diferentes concentrações das amostras, resultando num inóculo final de 5 x 10⁵ UFC/mL (GREGER, 2000; GINOCCHIO, 2002; HADACEK, VILJOEN *et al.*, 2003).

As amostras **1-5** foram diluídas em água destilada e dimetilsulfóxido (DMSO) a uma concentração de 1024 µg/mL. Outras diluições seriadas foram realizadas através da adição de caldo BHI para alcançar uma concentração final no intervalo de 512 a 8 µg/mL.

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e as placas de microdiluição foram incubadas a 35 ± 2 °C por 24 h (GALVÃO RODRIGUES *et al.*, 2013). A atividade antibacteriana foi detectada através do método colorimétrico pela adição de 25 µL de solução de resazurina (0,01%) após o período de incubação (SALVAT *et al.*, 2001). A concentração inibitória mínima (CIM) foi definida como a menor concentração das substâncias capaz de inibir o crescimento de bactérias.

2.5.2 Atividade citotóxica

As linhagens de células tumorais humanas utilizadas no estudo foram MCF-7 (carcinoma de mama), HL-60 (leucemia promielocítica) e HCT-116 (câncer colorretal), obtidas do banco de células do Rio de Janeiro, as quais foram cultivadas em meio

RPMI 1640 ou DMEN, suplementados com 10% de soro fetal bovino e 1% de antibióticos, mantidas em estufa a 37°C, em atmosfera contendo 5% de dióxido de carbono (CO₂) e as amostras foram diluídas em dimetilsulfóxido (DMSO) puro e estéril.

A avaliação da citotoxicidade das amostras foi realizada pelo método do MTT [3-(4,5-dimetil-2-tiazol)-2,5-difenil-2-H-brometo de tetrazólio] (MOSMANN, 1983), utilizando doxorubicina como controle positivo.

As linhagens MCF-7 (carcinoma de mama), HL-60 (leucemia promielocítica) e HCT-116 (câncer colorretal) foram plaqueadas na concentração de 1 x 10⁵ células/mL. As amostras **1-5** foram previamente dissolvidas em DMSO e posteriormente diluídas em série no meio RPMI para obtenção das concentrações finais e em seguida, adicionadas em placa de 96 poços. As placas foram incubadas por 72h em estufa a 5% de CO₂ a 37°C. Em seguida, foram adicionados 25 µL da solução de MTT (sal de tetrazólio), e as placas foram incubadas por 3h. A absorbância de cada uma das amostras foi lida após dissolução do precipitado com DMSO puro em espectrofotômetro de placa a 595 nm.

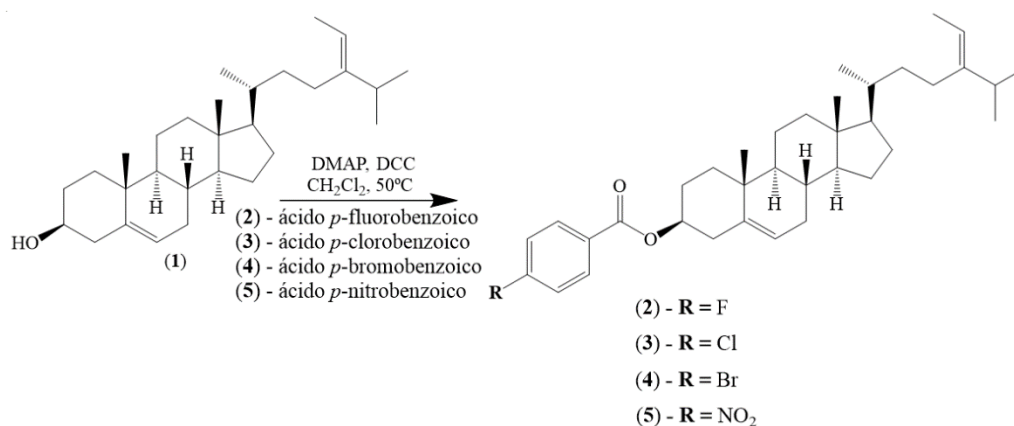
A concentração inibitória em 50% (CI₅₀) e respectivos intervalos de confiança das referidas amostras foram calculados por regressão não linear no programa *Graph Pad Prism*. Cada amostra foi testada em duplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Química

Inicialmente, o fucosterol (**1**) foi isolado a partir do extrato hexânico da alga *Lobophora variegata*. Posteriormente, os derivados **2-5** foram obtidos a partir da reação de esterificação do fucosterol (**1**) com quatro diferentes ácidos carboxílicos aromáticos na presença de diciclo-hexilcarbodiimida (DCC) e 4-*N,N*-dimetilamino piridina (DMAP), para obter os ésteres *p*-benzoato de fucosterol em rendimentos de 81 a 89% (Figura 2). As estruturas dessas substâncias foram caracterizadas por métodos espectroscópicos (IV, RMN ¹H e ¹³C) e espectrométrico (EM).

Figura 2: Semissíntese dos derivados esterificados 2-5.



Fonte: Os autores.

3.2.1 Atividade antibacteriana

A atividade antibacteriana do fucosterol (1) e seus derivados 2-5 foi avaliada pelo método de microdiluição em três linhagens de bactérias Gram (-) *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 10031), *Escherichia coli* (ATCC 10536), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442) e duas Gram (+) *Streptococcus mutans* (ATCC 0046) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) (Tabela 1). O composto 1 exibiu atividade inibitória moderada contra a cepa de *E. coli* (128 µg/mL) e apresentou atividade fraca nas demais cepas testadas com CIM de 512 µg/mL. Estudos anteriores também relataram a atividade moderada desse mesmo composto contra as cepas de *E. coli* e *P. aeruginosa* (KUMAR *et al.*, 2010). Por outro lado, o derivado 3 apresentou maior atividade do que o material de partida (1) nas cepas de *S. mutans* e *P. aeruginosa* (CIM de 256 µg/mL), um indicativo de que a introdução de um grupo *p*-clorobenzoato na posição 3β foi importante para aumentar a atividade antibacteriana deste composto. Os derivados 2, 4 e 5, foram inativos contra *S. mutans* (CIM ≥ 1024 µg/mL), enquanto o composto 2 apresentou atividade moderada para a cepa de *K. pneumoniae* com CIM de 128 µg/mL.

Tabela 1: Valores da concentração inibitória mínima (CIM) para os compostos 1-5.

Compostos	Cepas bacterianas, CIM (µg/mL)				
	<i>S. aureus</i> (12624)	<i>S. mutans</i> (00446)	<i>E. coli</i> (25922)	<i>P. aeruginosa</i> (15442)	<i>K. pneumoniae</i> (10031)
1	512	512	128	512	512
2	≥1024	≥1024	512	512	256
3	≥1024	256	256	256	≥1024
4	512	≥1024	512	512	512
5	512	≥1024	512	512	512

Fonte: Os autores.

3.2.2 Atividade citotóxica

Como a literatura sugeriu que o fucosterol (**1**) pode apresentar atividade anticâncer (JIANG *et al.*, 2018; MAO *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2021). Os compostos **1-5** foram submetidos a uma triagem preliminar sobre linhagens de celulares tumorais humanas, incluindo MCF-7 (carcinoma de mama), HL-60 (leucemia promielocítica) e HCT-116 (câncer colorretal). Porém, os resultados não foram satisfatórios, pois as amostras avaliadas apresentaram crescimento de inibição celular inferiores a 75%, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Dados de citotoxicidade para os compostos 1-5.

Compostos	Linhagens de células cancerígenas, inibição (%) na concentração de 25 µg/mL.					
	MCF-7	(SD) ^a ±	HCT-116	(SD) ^a ±	HL-60	(SD) ^a ±
1	17,6	1,00	17,5	0,60	30,0	1,00
2	15,58	1,01	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	4,69	0,36	-	-
5	-	-	7,08	0,61	-	-
Doxorrubicina ^b	55.36	1.76	84.49	10.22	80.68	12.98

a – desvio padrão médio. b – controle positivo.

(-) indica que o composto não inibe o crescimento.

Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÃO

Apesar do relato na literatura de propriedade citotóxica do fucosterol (**1**), não foi observada esta atividade para este composto **1** e seus derivados esterificados **2-**

5. Portanto, se faz necessário a execução de ensaios mais específicos ou em outros tipos de linhagens de células cancerígenas para determinar o real potencial citotóxico dos compostos **1-5**. Com relação a atividade antibacteriana do fucosterol (**1**) e seus derivados **2-5**, o composto **3** apresentou o melhor resultado, exibindo atividade moderada nas cepas de *S. mutans* e *P. aeruginosa* com CIM de 256 µg/mL, sendo inativo somente na cepa de *S. aureus* (CIM ≥1024 µg/mL). Vale ressaltar que os derivados semissintéticos do fucosterol **2-5** estão sendo relatados pela primeira vez na literatura, assim como sua atividade antibacteriana.

REFERÊNCIAS

ABDUL, Q. A.; CHOI, R. J.; JUNG, H. A.; CHOI, J. S. Health benefit of fucosterol from marine algae: A review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 6, p. 1856–1866, 2016.

ANDRADE, J. C.; MORAIS-BRAGA, M. F. B.; GUEDES, G. M. M.; TINTINO, S. R.; FREITAS, M. A.; MENEZES, I. R. A.; COUTINHO, H. D. M. Enhancement of the antibiotic activity of aminoglycosides by alpha-tocopherol and other cholesterol derivates. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 68, n. 8, p. 1065–1069, 2014.

BAKAR, K.; MOHAMAD, H.; TAN, H. S.; LATIP, J. Sterols compositions, antibacterial, and antifouling properties from two Malaysian seaweeds: *Dictyota dichotoma* and *Sargassum granuliferum*. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 9, n. 10, p. 47–53, 2019.

CLSI. CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing**; Twenty-second informational supplement. CLSI document M100-S22. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012.

ELKINS, C. A.; MULLIS, L. B. Mammalian steroid hormones are substrates for the major RND- and MFS-type tripartite multidrug efflux pumps of *Escherichia coli*. **Journal of Bacteriology**, v. 188, n. 3, p. 1191–1195, 2006.

ERNANDEZ, R.; ARECHE, C.; QUISPE, L.; SOLIS, X.; SEPULVEDA, B.; DIANDERAS, V.; ZEVALLOS, S.; CANO, T. Bioassay-guided isolation and detection of a cytotoxic compound known as fucosterol from the Peruvian *Lessonia Trabeculata* seaweed. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 9, n. 1, p. 1–4, 2021.

GALVÃO RODRIGUES, F. F.; COSTA, J. G. M.; RODRIGUES, F. F. G.; CAMPOS, A. R. Study of the interference between *Plectranthus* species essential oils from Brazil and aminoglycosides. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2013, 2013.

GINOCCHIO, C. C. Role of NCCLS in antimicrobial susceptibility testing and monitoring. **American Journal of Health-System Pharmacy**, v. 59, n. 3, p. 7–11, 2002.

GUIRY, M.D.; GUIRY, G. M. **AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway**. 2016. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

HADACEK, F.; GREGER, H. Testing of antifungal natural products: Methodologies, comparability of results and assay choice. **Phytochemical Analysis**, v. 11, n. 3, p. 137–147, 2000.

HUH, G. W.; LEE, D. Y.; IN, S. J.; LEE, D. G.; PARK, S. Y.; YI, T. H.; KANG, H. C.; SEO, W. D.; BAEK, N. I. Fucosterols from *Hizikia fusiformis* and their proliferation activities on osteosarcoma-derived cell MG63. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 551–555, 2012.

JAYAWARDENA, T. U.; SANJEEWA, K. K. A.; LEE, H. G.; NAGAHAWATTA, D. P.; YANG, H. W.; KANG, M. C.; JEON, Y. J. Particulate matter-induced inflammation/oxidative stress in macrophages: Fucosterol from *Padina boryana* as a potent protector, activated via NF- κ B/MAPK pathways and Nrf2/HO-1 involvement. **Marine drugs**, v. 18, n. 12, p. 1–16, 2020.

JIANG, H.; LI, J.; CHEN, A.; LI, Y.; XIA, M.; GUO, P.; YAO, S.; CHEN, S. Fucosterol exhibits selective antitumor anticancer activity against hela human cervical cell line by inducing mitochondrial mediated apoptosis, cell cycle migration inhibition and downregulation of m-TOR/PI3K/Akt signalling pathway. **Oncology Letters**, v. 15, n. 3, p. 3458–3463, 2018.

KHANA VI, M.; GHEIDAR LOO, R.; SADATI, N.; SHAMS ARDEKANI, M. R.; BAGHER NABA VI, S. M.; TAVAJOHI, S.; OSTAD, S. N. Cytotoxicity of fucosterol containing fraction of marine algae against breast and colon carcinoma cell line. **Pharmacognosy Magazine**, v. 8, n. 29, p. 60–64, 2012.

KUMAR, S. S.; KUMAR, Y.; KHAN, M. S. Y.; GUPTA, V. New antifungal steroids from *Turbinaria conoides* (J. Agardh) Kutzing. **Natural Product Research**, v. 24, n. 15, p. 1481–1487, 2010.

LI, J. J.; ZHONG, X. J.; WANG, X.; YANG, X. M.; YUE, J. Y.; ZHANG, X.; LIU, J. C.; WANG, K. Q.; SHANG, X. Y. Polyhydroxylated sterols from *Monascus purpureus*-fermented rice. **Steroids**, v. 154, n. 108546, p. 1–4, 2020.

LI, X.; LIN, B.; LIN, Z.; MA, Y.; WANG, Q.; ZHENG, Y.; CUI, L.; LUO, H.; LUO, L. Exploration in the mechanism of fucosterol for the treatment of non-small cell lung cancer based on network pharmacology and molecular docking. **Scientific reports**, v. 11, n. 4901, p. 1–20, 2021.

LU, Y.; HU, J.; WU, Z.; ZENG, L.; YU, B. Synthesis and cytotoxicity of new stigmasterol derivatives. **Journal of the Chemical Society of Pakistan**, v. 40, n. 4, p. 715–721, 2018.

LUEPKE, K. H.; SUDA, K. J.; BOUCHER, H.; RUSSO, R. L.; BONNEY, M. W.; HUNT, T. D.; MOHR, J. F. Past, present, and future of antibacterial economics: Increasing bacterial resistance, limited antibiotic pipeline, and societal implications. **Pharmacotherapy**, v. 37, n. 1, p. 71–84, 2017.

MAO, Z.; SHEN, X.; DONG, P.; LIU, G.; PAN, S.; SUN, X.; HU, H.; PAN, L.; HUANG, J. Fucosterol exerts antiproliferative effects on human lung cancer cells by inducing apoptosis, cell cycle arrest and targeting of Raf/MEK/ERK signalling pathway. **Phytomedicine**, v. 61, p. 1–9, 2019.

MEINITA, M. D. N.; HARWANTO, D.; TIRTAWIJAYA, G.; NEGARA, B. F. S. P.; SOHN, J.-H.; KIM, J.-S.; CHOI, J.-S. Fucosterol of marine macroalgae: Bioactivity, safety and toxicity on organism. **Marine Drugs**, v. 19, n. 545, p. 1–18, 2021.

MOSMANN, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. **Journal of Immunological Methods**, v. 65, p. 55–63, 1983.

NADARAIA, N. S.; AMIRANASHVILI, L. S.; MERLANI, M.; KAKHABRISHVILI, M. L.; BARBAKADZE, N. N.; GERONIKAKI, A.; PETROU, A.; POROIKOV, V.; CIRIC, A.; GLAMOCLIIJA, J.; SOKOVIC, M. Novel antimicrobial agents' discovery among the steroid derivatives. **Steroids**, v. 144, p. 52–65, 2019.

NARENDER, T.; KHALIQ, T.; SINGH, A. B.; JOSHI, M. D.; MISHRA, P.; CHATURVEDI, J. P.; SRIVASTAVA, A. K.; MAURYA, R.; AGARWAL, S. C. Synthesis of α -amyrin derivatives and their *in vivo* antihyperglycemic activity. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 44, n. 3, p. 1215–1222, 2009.

OKTAVIANI, D. F.; BAE, Y.; DYAH, M.; MEINITA, N.; MOON, I. S. An ethanol extract of the brown seaweed *Hizikia fusiformis* and its active constituent, fucosterol, extend the lifespan of the nematode *Caenorhabditis elegans*. **Journal of Life Science**, v. 29, n. 10, p. 1120–1125, 2019.

RAMACHANDRAN, G.; RAJIVGANDHI, G.; MARUTHUPANDY, M.; MANOHARAN, N. Isolation and identification of antibacterial compound from marine endophytic actinomycetes against mult drug resistant bacteria. **Annals of Microbiology and Immunology**, v. 1, n. 1, p. 1–6, 2018.

SALVAT, A.; ANTONNACCI, L.; FORTUNATO, R. H.; SUAREZ, E. Y.; GODOY, H. M. Screening of some plants from Northern Argentina for their antimicrobial activity. **Letters in Applied Microbiology**, v. 32, n. 5, p. 293–297, 2001.

TYSKIEWICZ, K.; TYSKIEWICZ, R.; KONKOL, M.; RÓJ, E.; JAROSZUK-SCISEŁ, J.; SKALICKA-WOZNIAK, K. Antifungal properties of *Fucus vesiculosus* L. supercritical fluid extract against *Fusarium culmorum* and *Fusarium oxysporum*. **Molecules**, v. 24, n. 19, 2019.

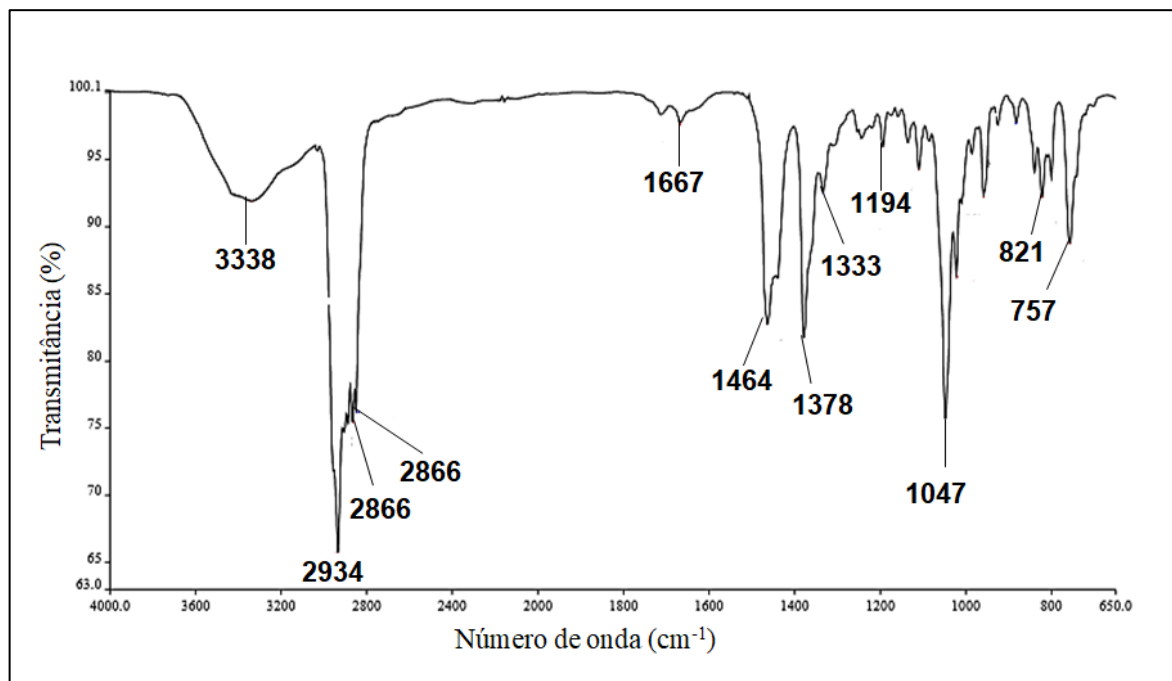
VILJOEN, A.; VUUREN, S. VAN; ERNST, E.; KLEPSE, M.; DEMIRCI, B.; BAŞER, H.; WYK, B. E. VAN. *Osmitopsis asteriscoides* (Asteraceae)-the antimicrobial activity and essential oil composition of a Cape-Dutch remedy. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, p. 137–143, 2003.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ten threats to global health in 2019. Geneva Switzerland**. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/feature-stories/ten-threats-to-global-health-in-2019>><<https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

_____. **World health report. Press release. The ten biggest killers. 2020**. Disponível em: <https://www.who.int/whr/1996/media_centre/press_release/en/index1.html>. Acesso em: 28 de março de 2021.

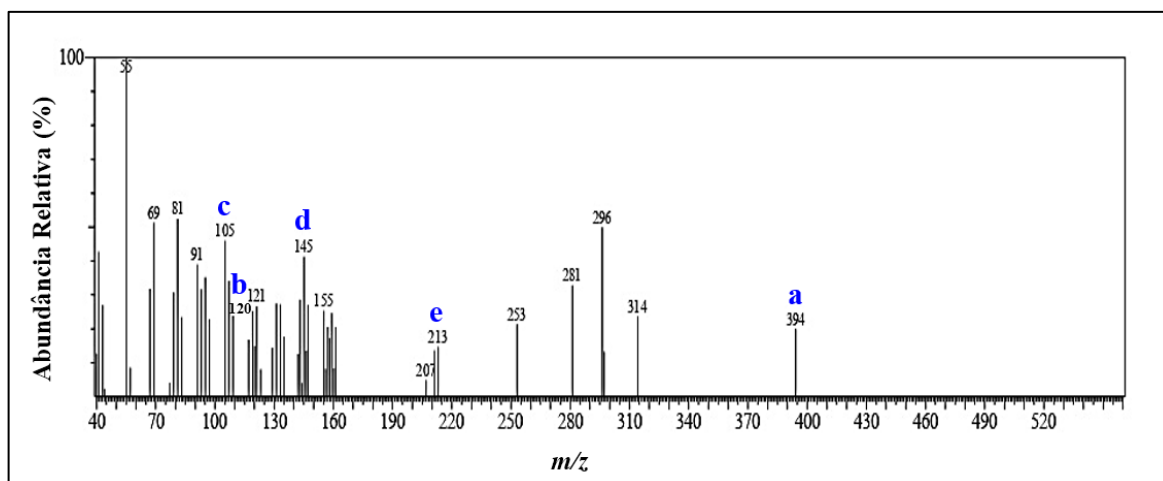
MATERIAL SUPLEMENTAR

Figura S1: Espectro na região do infravermelho (ATR) do fucosterol (1).



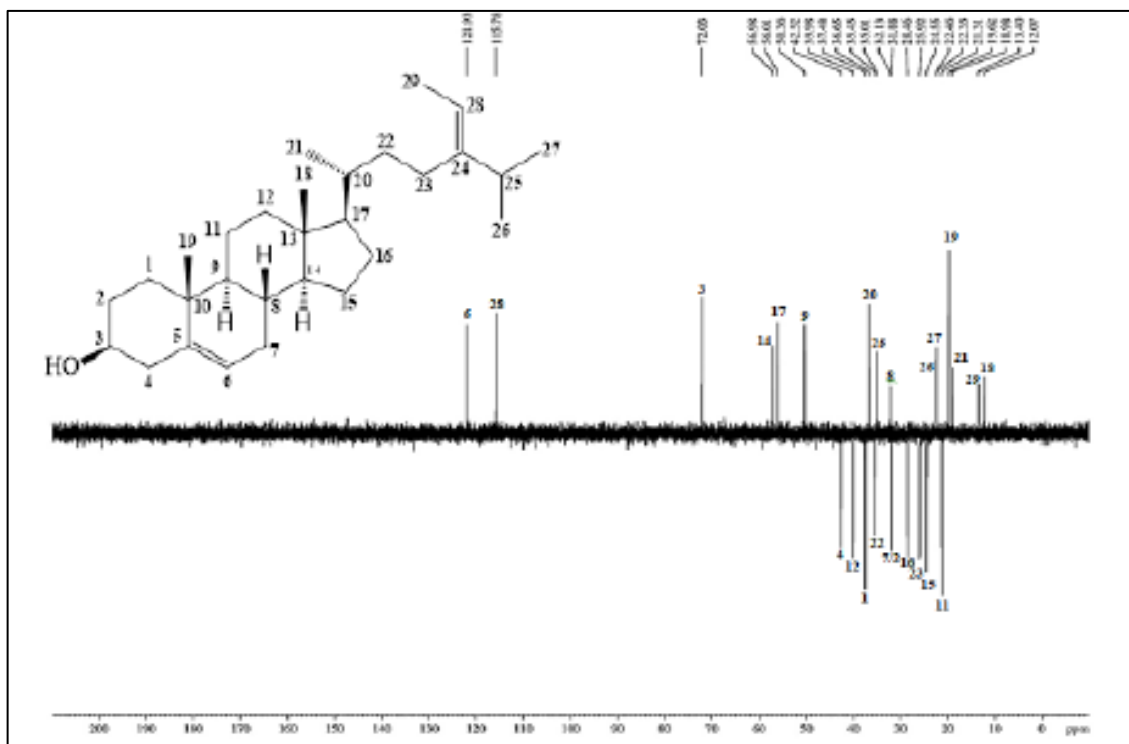
Fonte: Os autores.

Figura S2: Espectro de massas CG-EMBR do fucosterol (1).



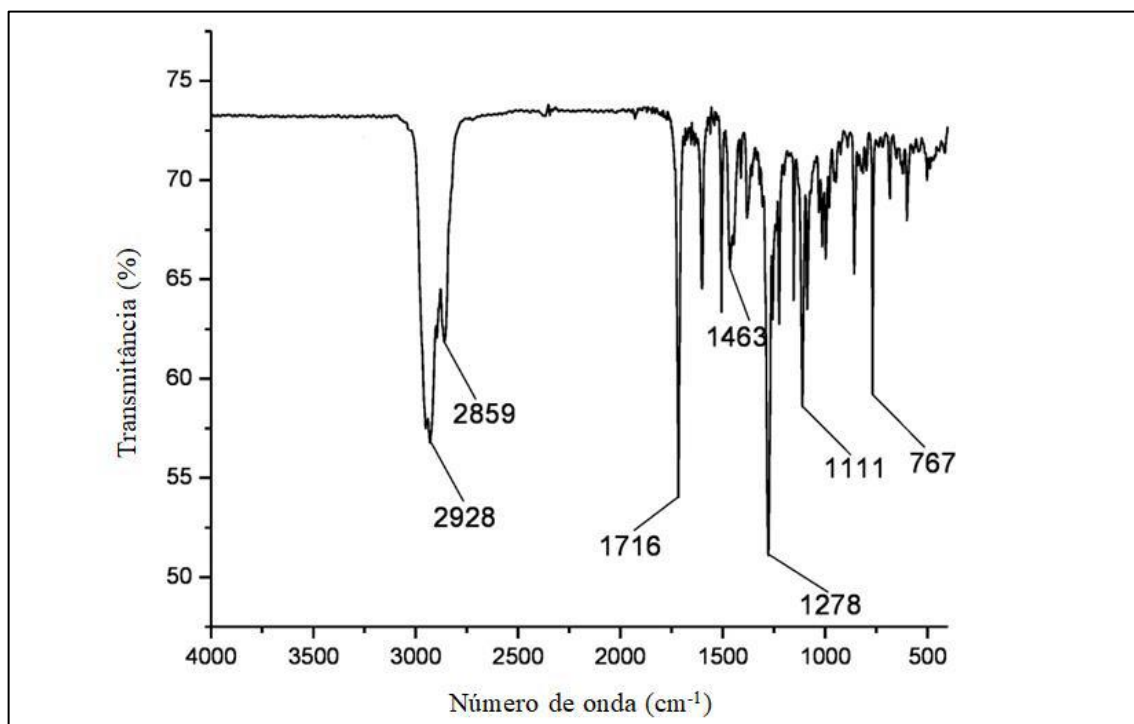
Fonte: Os autores.

Figura S5: Espectro de RMN ^{13}C -DEPT 135° (125 MHz, CDCl_3) do fucosterol (1).



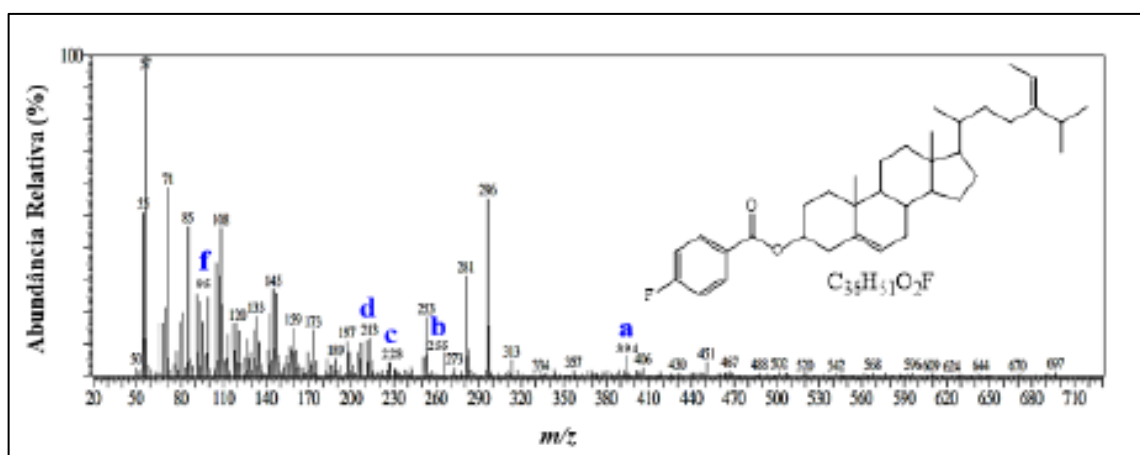
Fonte: Os autores.

Figura S6: Espectro na região do infravermelho (KBr) do *p*-fluorobenzoato de fucosterol (2).



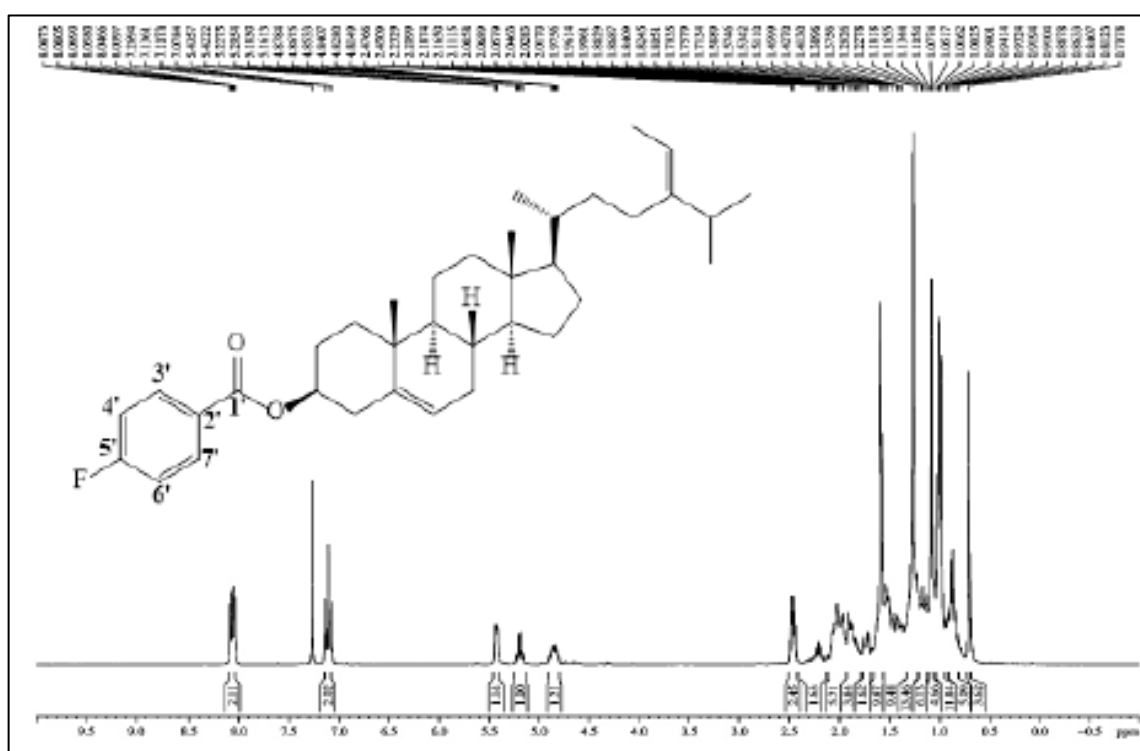
Fonte: Os autores.

Figura S7: Espectro de massas CG-EMBR do *p*-fluorobenzoato de fucosterol (2).



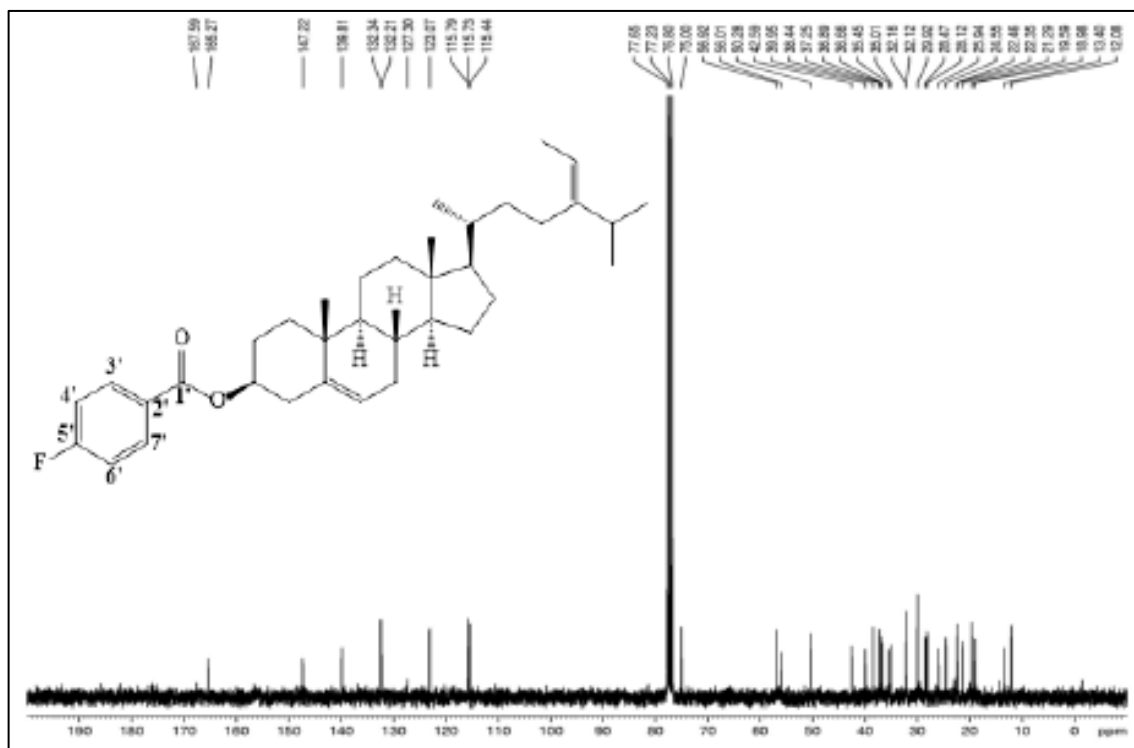
Fonte: Os autores.

Figura S8: Espectro de RMN 1H (300 MHz, $CDCl_3$) do *p*-fluorobenzoato de fucosterol (2).



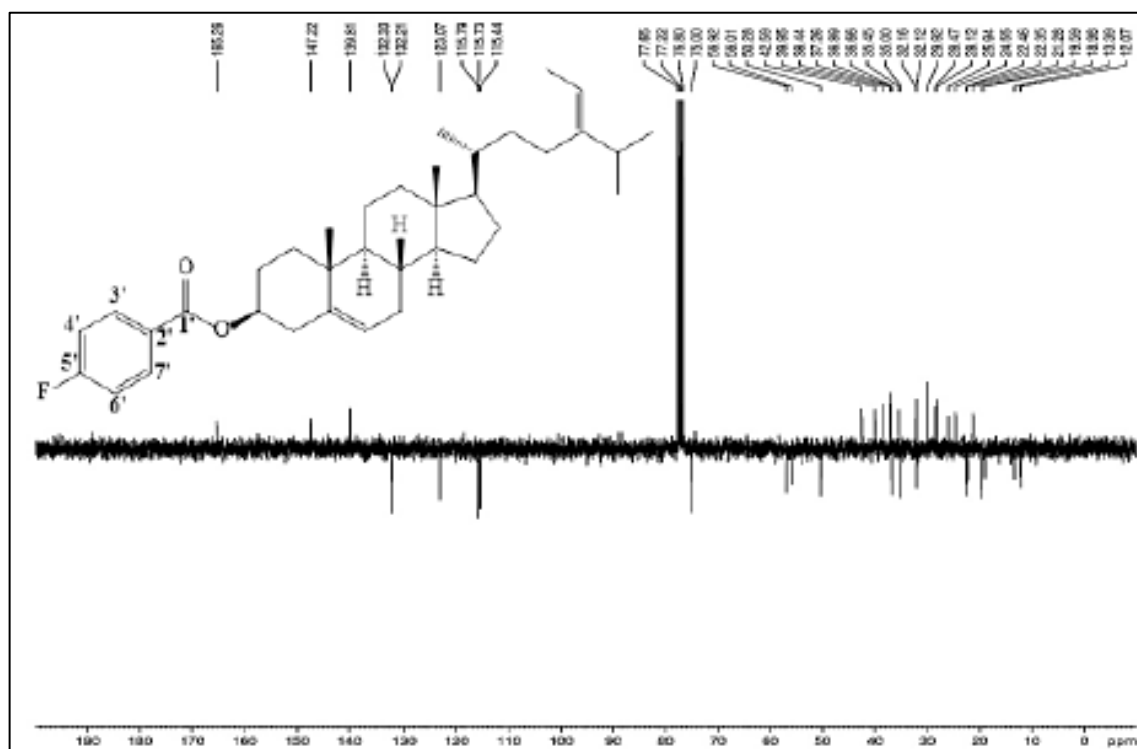
Fonte: Os autores.

Figura S9: Espectro de RMN ^{13}C -BB (75 MHz, CDCl_3) do *p*-fluorobenzoato de fucosterol (2).



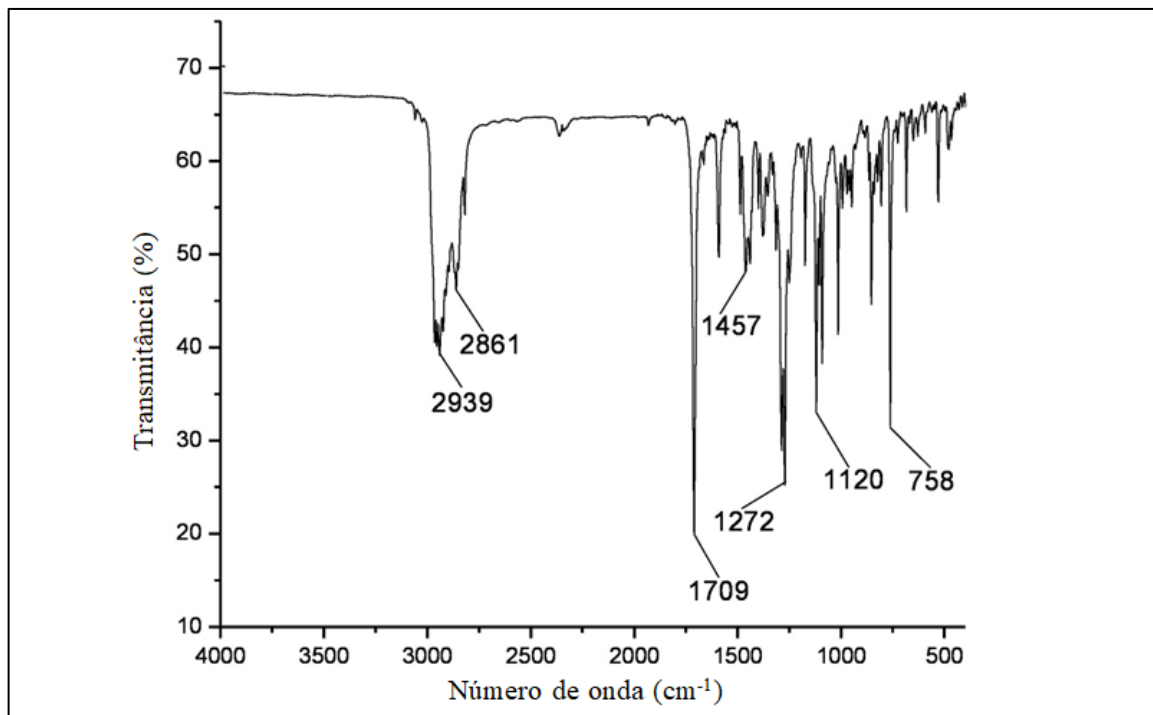
Fonte: Os autores.

Figura S10: Espectro de RMN ^{13}C -APT (75 MHz, CDCl_3) do *p*-fluorobenzoato de fucosterol (2).



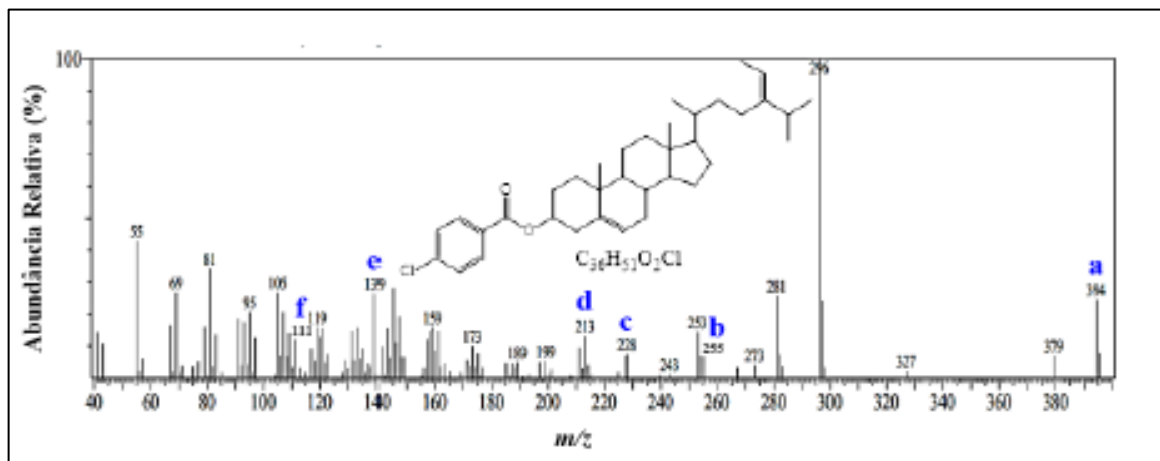
Fonte: Os autores.

Figura S11: Espectro na região do infravermelho (KBr) do *p*-clorobenzoato de fucosterol (**3**).



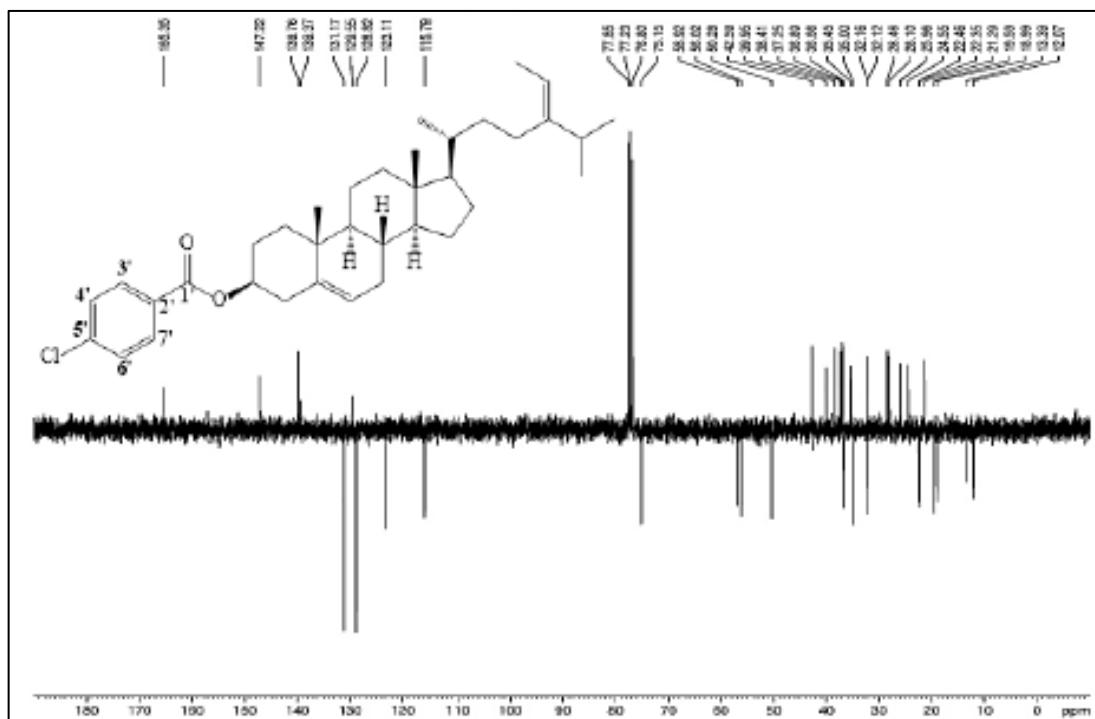
Fonte: Os autores.

Figura S12: Espectro de massas CG-EMBR do *p*-clorobenzoato de fucosterol (**3**).



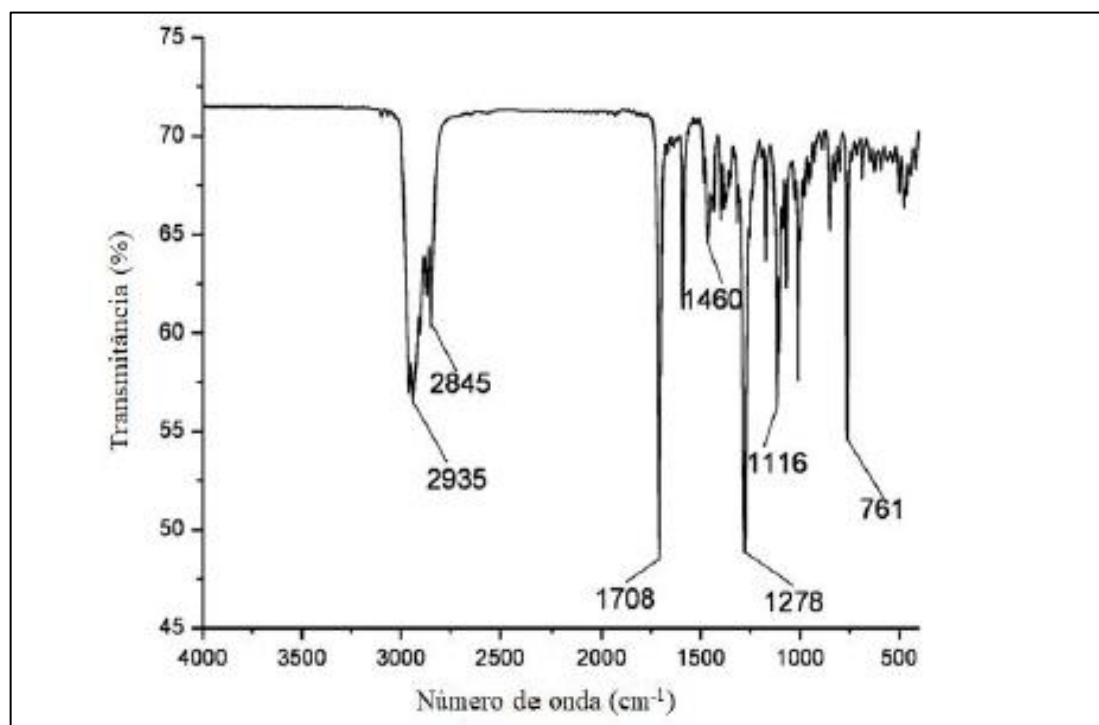
Fonte: Os autores.

Figura S15: Espectro de RMN ^{13}C -APT (75 MHz, CDCl_3) do *p*-clorobenzoato de fucosterol (3).



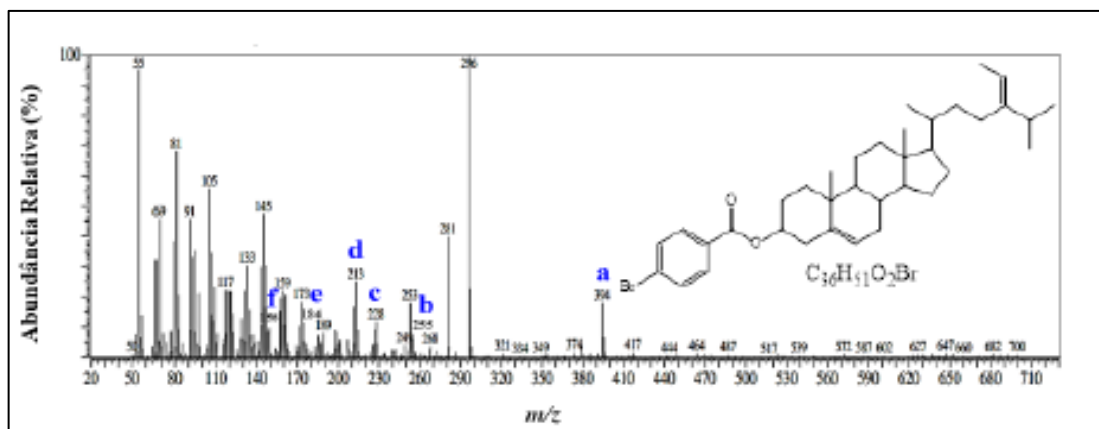
Fonte: Os autores.

Figura S16: Espectro na região do infravermelho (KBr) do *p*-bromobenzoato de fucosterol (4).



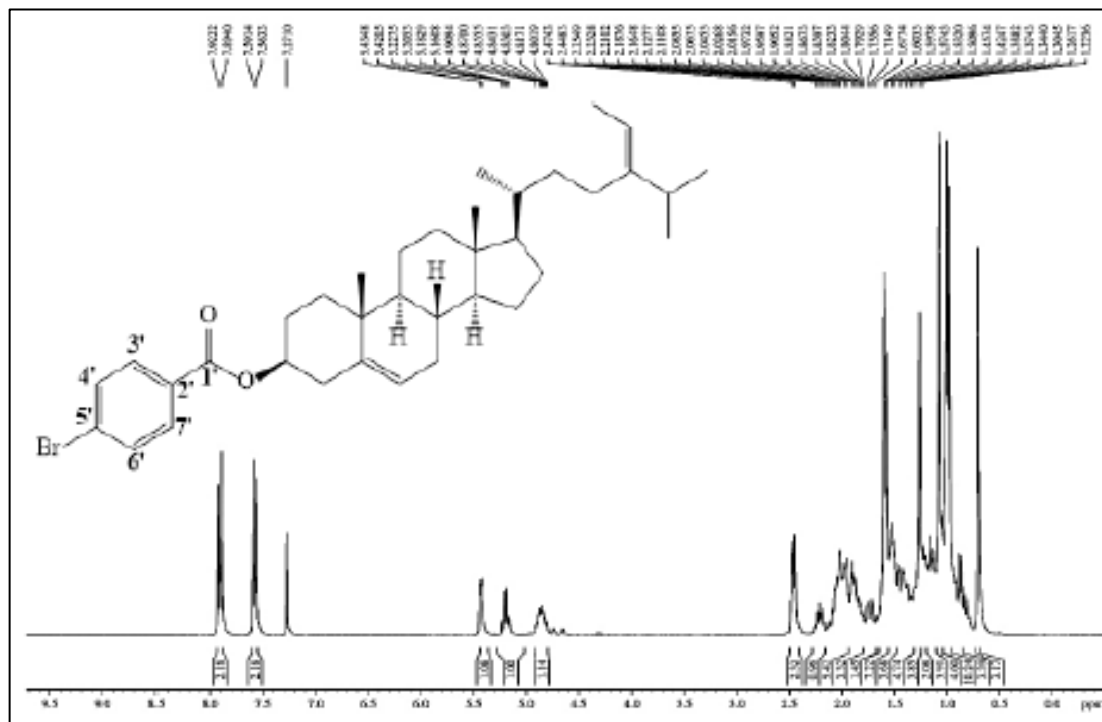
Fonte: Os autores.

Figura S17: Espectro de massas CG-EMBR do *p*-bromobenzoato de fucosterol (**4**).



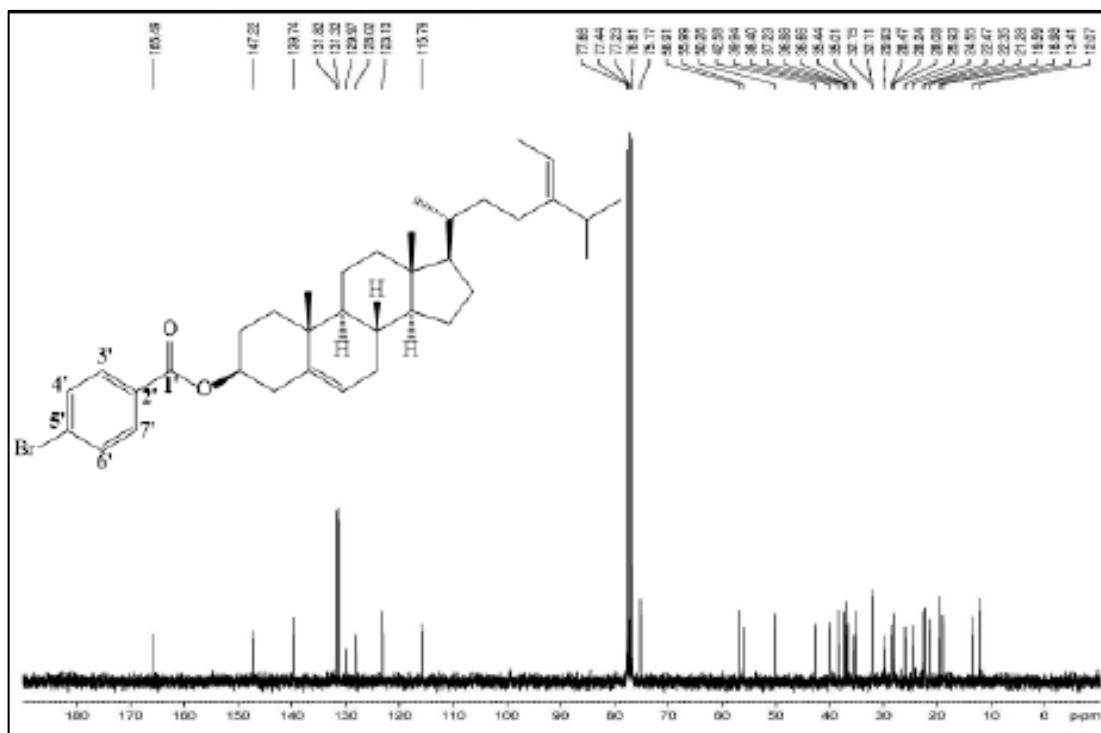
Fonte: Os autores.

Figura S18: Espectro de RMN 1H (300 MHz, $CDCl_3$) do *p*-bromobenzoato de fucosterol (**4**).



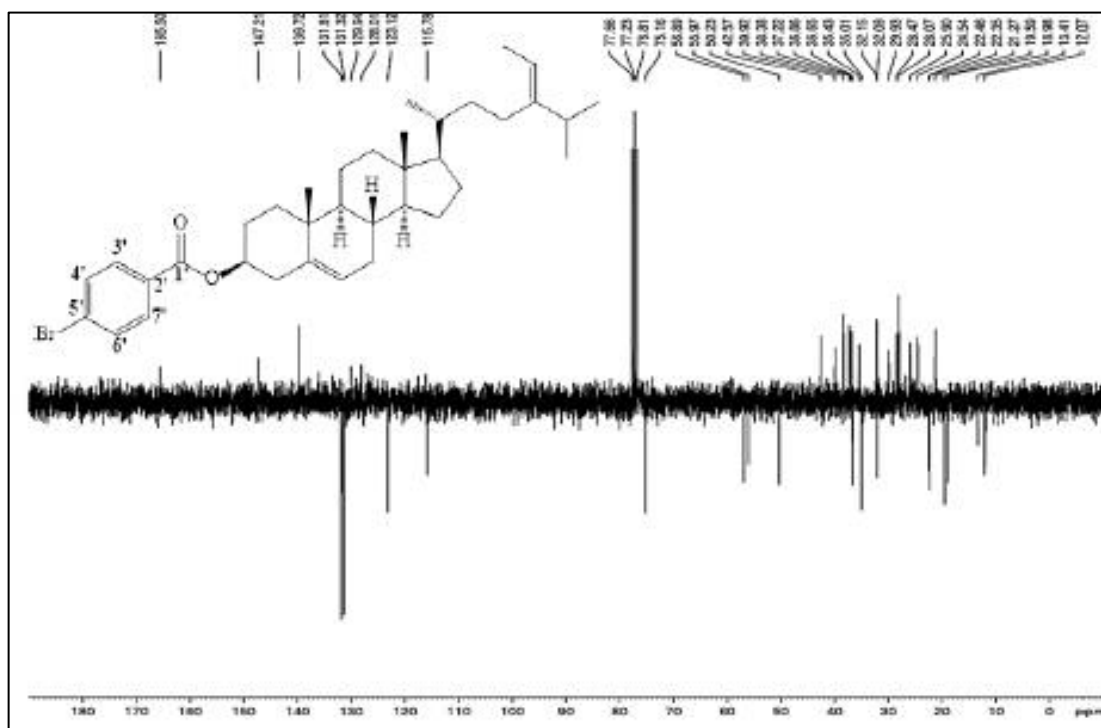
Fonte: Os autores.

Figura S19: Espectro de RMN ^{13}C -BB (75 MHz, CDCl_3) do *p*-bromobenzoato de fucosterol (4).



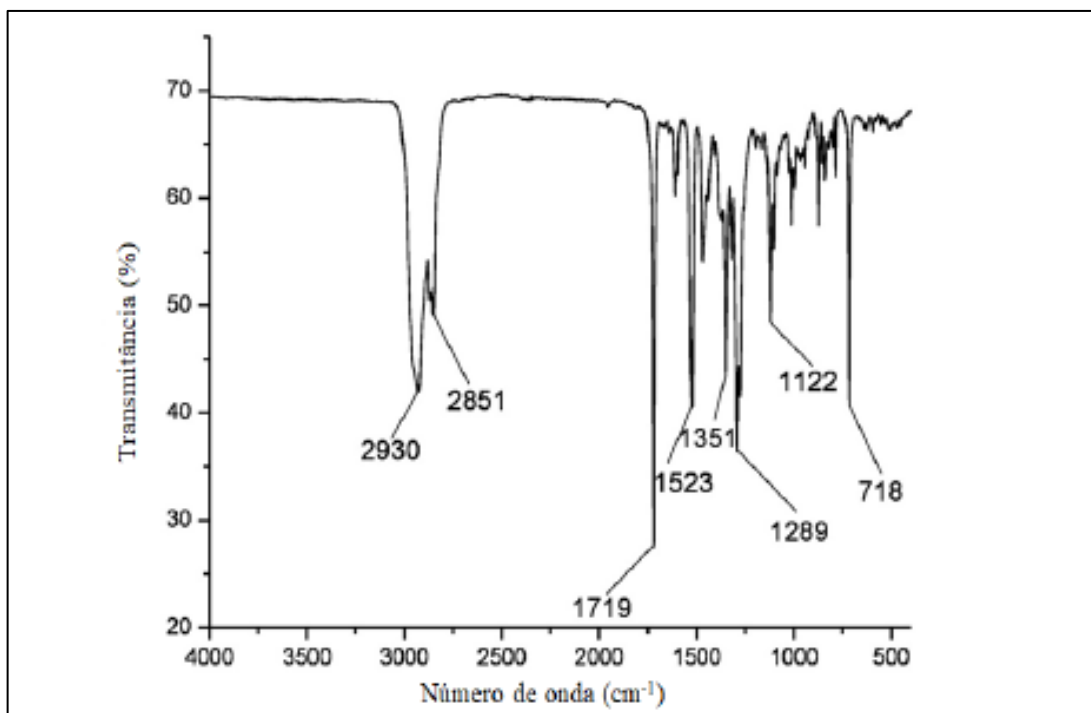
Fonte: Os autores.

Figura S20: Espectro de RMN ^{13}C -APT (75 MHz, CDCl_3) do *p*-bromobenzoato de fucosterol (4).



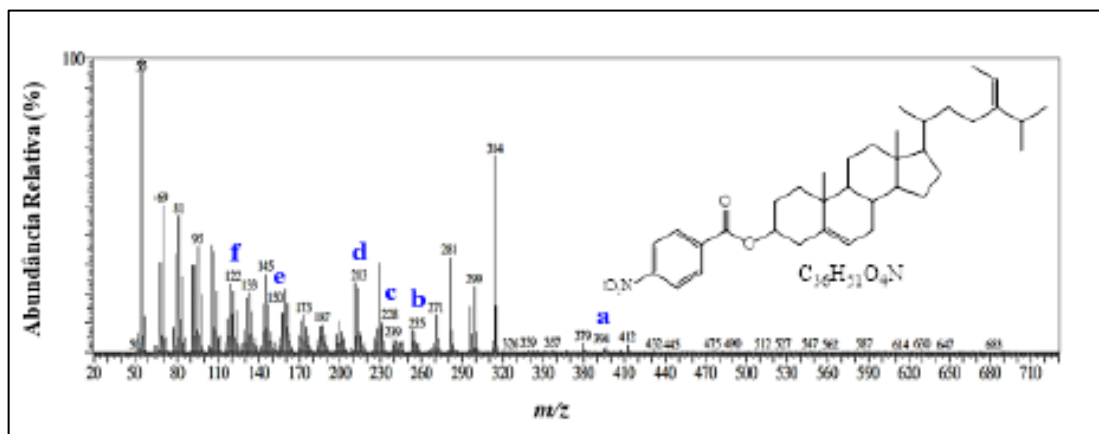
Fonte: Os autores.

Figura S21: Espectro na região do infravermelho (KBr) do *p*-nitrobenzoato de fucosterol (5).



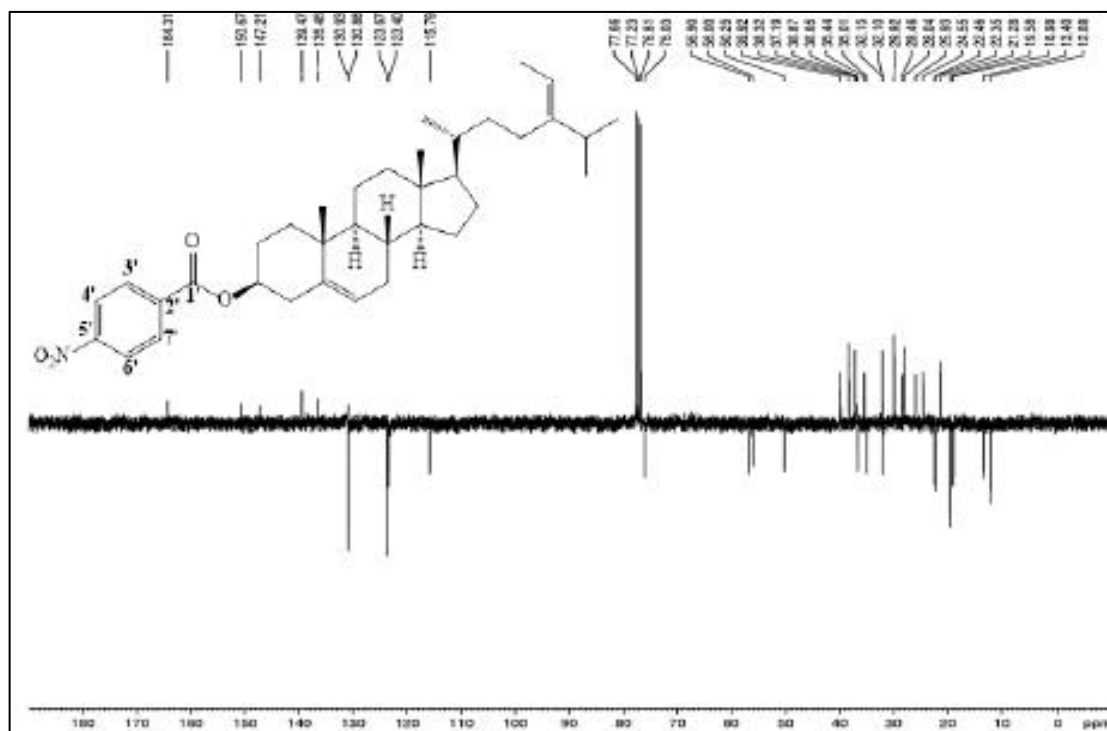
Fonte: Os autores.

Figura S22: Espectro de massas CG-EMBR do *p*-nitrobenzoato de fucosterol (5).



Fonte: Os autores.

Figura S25: Espectro de RMN ^{13}C -APT (75 MHz, CDCl_3) do *p*-nitrobenzoato de fucosterol (**5**).



Fonte: Os autores.

CAPÍTULO 16

EMULADOR FOTOVOLTAICO SIMPLES USANDO UM CONVERSOR DE QUATRO INTERRUPTORES

Leandro L. O. Carralero

Universidade Federal da Bahia – UFBA
Laboratório de Eficiência Energética - LABEFEA
E-mail: Leandro.oro@ufba.br

Gabriel Santa Barbara

Universidade Federal da Bahia – UFBA
Laboratório de Eficiência Energética - LABEFEA
E-mail: gabrielsbss@hotmail.com

Fabiano F. Costa

Universidade Federal da Bahia – UFBA
Laboratório de Eficiência Energética - LABEFEA
E-mail: fabiano.costa@ufba.br

André P. N. Tahim

Universidade Federal da Bahia – UFBA
Laboratório de Eficiência Energética - LABEFEA
E-mail: atahim@ufba.br

Resumo: Atualmente, existe uma necessidade crescente de desenvolver e avaliar conversores de energia que integram sistemas fotovoltaicos (PV) à rede elétrica. Desenvolver tais conversores utilizando painéis fotovoltaicos expostos a condições ambientais que podem variar abruptamente consiste em uma tarefa complexa. Assim, torna-se difícil avaliar o desenvolvimento de conversores em todos os pontos de operação para diferentes condições climáticas. Uma solução é o uso de emuladores de painéis PV que fornecem saída controlada independente das condições externas. Este trabalho propõe um emulador PV de baixo custo baseado em um conversor CC-CC buck-boost de quatro interruptores (FSBB). Como a saída de tensão/corrente pode ser controlada em um conversor CC-CC, foi desenvolvido um algoritmo que emula a curva I-V nos terminais do conversor com base na carga estimada conectada. A partir desse valor, uma aproximação linear da curva I-V é utilizada em associação com o método de Newton para obter a referência de tensão. O valor de referência de tensão determina o modo de operação do FSBB (buck, boost, buck-boost) através de um diferencial de controle ou histerese e os controladores PI do sistema de controle em cascata proposto são usados para rastrear-lo. Finalmente, os resultados de simulação do emulador PV proposto em diferentes modos de operação são relatados para validar a eficácia da abordagem para mudança nas condições climáticas.

Palavras-chave: Emulador PV; Conversor FSBB; Curva I-V.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso de sistemas fotovoltaicos aumentou significativamente em todo o mundo (Sampaio e Gonzalez, 2017). Investimentos foram aplicados na pesquisa de conversores de energia que integram os sistemas fotovoltaicos e a rede para melhorar a eficiência e a confiabilidade de tais sistemas.

Assim, há uma necessidade crescente de avaliar conversores de energia e a estabilidade de sistemas com geração distribuída. O principal problema surge durante o desenvolvimento e a avaliação do desempenho dos conversores de energia fotovoltaica devido à grande variabilidade das condições climáticas, uma vez que a temperatura e a irradiação não são controladas e podem variar, algumas vezes abruptamente. Portanto, é necessário um meio de avaliar o sistema sem a influência dessas variações a qualquer momento e de forma controlada. Uma ferramenta útil para resolver esse problema consiste em emuladores fotovoltaicos (PV), que imitam as características elétricas de um painel PV em diferentes condições climáticas em um ambiente de laboratório.

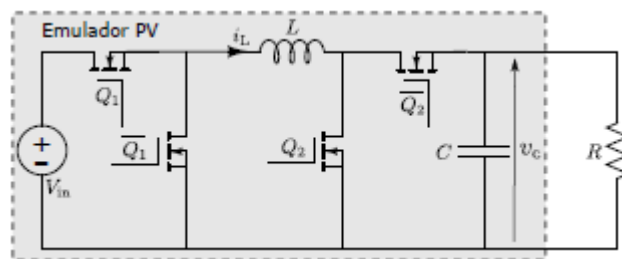
Várias abordagens para projetar emuladores PV são encontradas na literatura: células solares de referência de baixa potência (Armstrong et al., 2005); fontes de alimentação CC com resistências variáveis (Mukerjee e Dasgupta, 2007); e os conversores comutados CC-CC (Trapp et al., 2011) (Lu e Nguyen, 2012) (Cordeiro et al., 2015), os mais utilizados atualmente. Alguns deles não são flexíveis para emular diferentes tipos de módulos ou configuração de matriz fotovoltaica, enquanto alguns, apesar da flexibilidade, são caros e impedem o uso em pequenos projetos. Portanto, propõe-se um emulador PV que permita um alto desempenho e a possibilidade de adaptação a diferentes valores de tensão na entrada e na saída a um baixo custo.

O objetivo principal do trabalho é emular um painel PV através de um conversor síncrono dc-dc, reproduzindo nos terminais de saída as características elétricas de um PV. Para isso, um circuito formado por um conversor FSBB que pode-se comportar como buck, boost ou buck-boost (FSBB), conforme representado na Figura 1. A topologia possui um par de comutadores síncronos, onde $Q1$ e $Q2$ são os comutadores ativos e $Q1$ e $Q2$ são os retificadores síncronos (Ren et al., 2009). Esta topologia permite que a tensão de saída funcione em uma gama mais ampla do que outros tipos de conversores não isolados. Além disso, esta configuração é adequada para

aplicações em que o ponto de operação varia em uma ampla gama de tensões e correntes (variação de carga), como a curva característica I-V de painéis fotovoltaicos.

As demais seções deste trabalho estão organizadas da seguinte forma: A Seção II descreve o modelo matemático do conversor FSBB. O projeto e controle do emulador PV proposto são apresentados na Seção III. A Seção IV é dedicada à análise de resultados de simulação. Finalmente, os comentários finais sobre o artigo são abordados na Seção V.

Figura 1: Emulador PV baseado no conversor four-switch buck-boost (FSBB)



Fonte: Os autores

2. MODELAGEM MATEMÁTICA

2.1 Modelo do conversor

Na pesquisa de Orellana et al. 2010, se obtiveram as equações em espaço de estados da topologia FSBB da Fig. 1,

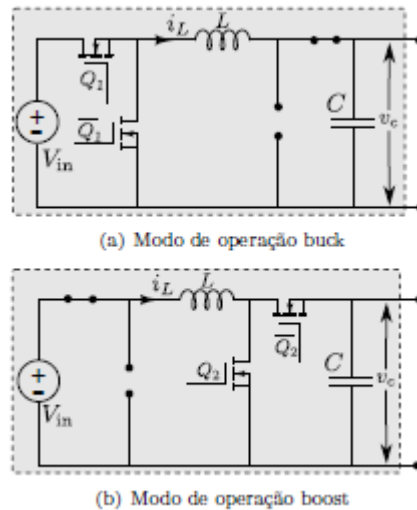
$$\begin{bmatrix} \dot{v}_C \\ \dot{i}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{RC} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_C \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} v_{in} D_1 + \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{C} \\ -\frac{1}{L} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_C \\ i_L \end{bmatrix} (1 - D_2), \quad (1)$$

onde v_{in} e v_c são as tensões de entrada e saída, respectivamente. A corrente do indutor L é representada por i_L , C é o valor do capacitor e R é a carga resistiva. O conversor FSBB tem duas razões cíclicas a serem controladas, D_1 para Q_1 e D_2 para Q_2 , resultando em dois graus de liberdade. Os interruptores Q_1 e Q_2 são síncronos e complementares de Q_1 e Q_2 , respectivamente. O ponto de equilíbrio de (1), tensão de saída e corrente do indutor é dado por:

$$(v_{C_{eq}}, i_{L_{eq}}) = \left(V_{in} \frac{D_1}{1 - D_2}, \frac{V_{in}}{R} \frac{D_1}{(1 - D_2)^2} \right). \quad (2)$$

Note-se que se $D_2 = 0$ (Q_2 desligado e Q_1 ligado), o conversor FSBB se comporta como um conversor buck, mostrado na Fig. 2(a), e se $D_1 = 1$ (Q_1 ligado e Q_2 desligado), este conversor se comporta como um conversor boost, ilustrado na Fig. 2(b). Outra possibilidade é quando D_1 e D_2 são iguais ($D_1 = D_2$). Em tal condição, o conversor funciona como um conversor buck-boost, como mostrado na Figura 1.

Figura 2: Modos de operação do FSBB: A) buck; B) boost



Fonte: Os autores

Aplicando a transformação de Laplace em cada modo de operação no sistema (1), podem-se obter as funções de transferência, para cada modo de operação, que relacionam a razão cíclica com a tensão de saída e a corrente do indutor, apresentadas nas seguintes equações. Essas funções de transferência são usadas para projetar três controladores para o conversor FSBB, um para cada modo de operação.

Modelo de conversor FSBB no modo de operação buck:

$$\frac{V_C(s)}{D(s)} = \frac{V_{in}}{LCs^2 + \frac{L}{R}s + 1} \quad (3)$$

$$\frac{I_L(s)}{D(s)} = \frac{\frac{V_{in}}{R}(1 + RCs)}{LCs^2 + \frac{L}{R}s + 1} \quad (4)$$

Modelo de conversor FSBB no modo de operação boost:

$$\frac{V_C(s)}{D(s)} = \frac{\frac{V_{in}}{(1-D_2)^2} \left[1 - \frac{L}{R(1-D_2)^2}s \right]}{\frac{LC}{(1-D_2)^2}s^2 + \frac{L}{R(1-D_2)^2}s + 1} \quad (5)$$

$$\frac{I_L(s)}{D(s)} = \frac{\frac{V_{in}}{R(1-D_2)^3} [2 + RCs]}{\frac{LC}{(1-D_2)^2}s^2 + \frac{L}{R(1-D_2)^2}s + 1} \quad (6)$$

Modelo de conversor FSBB no modo de operação buck-boost (Nesta situação $D_1 = D_2 = D$):

$$\frac{V_C(s)}{D(s)} = \frac{\frac{V_{in}}{(1-D)^2} \left[1 - \frac{LD}{R(1-D)^2}s \right]}{\frac{LC}{(1-D)^2}s^2 + \frac{L}{R(1-D)^2}s + 1} \quad (7)$$

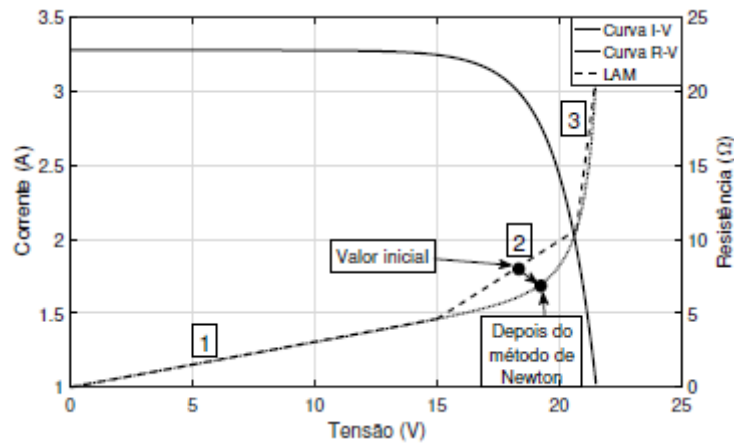
$$\frac{I_L(s)}{D(s)} = \frac{\frac{V_{in}}{R(1-D)^3} [(1+D) + RCs]}{\frac{LC}{(1-D)^2}s^2 + \frac{L}{R(1-D)^2}s + 1} \quad (8)$$

2.2 Curvas características do painel PV

A representação típica da característica de saída de um painel PV é chamada curva corrente-tensão (I-V), ilustrada na Figura 3. Em Ortiz-Rivera e Peng (2005) se apresenta uma revisão que aborda como modelar a curva característica I-V dos painéis fotovoltaicos. Além disso, os autores propõem um modelo de equação I-V que é usado neste trabalho como a curva de referência I-V que o emulador deve reproduzir

$$I(V) = \alpha I_{sc} \tau_i \left[1 - e^{\frac{V}{b(\alpha\gamma + 1 - \gamma)(V_{oc} + \tau_v)} - \frac{1}{\beta}} \right], \quad (9)$$

Figura 3: Curvas I-V e R-V com o método de aproximação linear (LAM)



Fonte: Os autores

onde, I_{sc} é a corrente de curto-circuito, V_{oc} é a tensão de circuito aberto, α representa a porcentagem efetiva de irradiação, γ é o fator de sombreamento, τ_i é a taxa de mudança do I_{sc} de acordo com a temperatura ($A/^{\circ}C$), τ_v é a taxa de variação de V_{oc} de acordo com a temperatura ($V/^{\circ}C$) e β é uma constante que pode ser calculada a partir da folha de dados do painel.

Além disso, a partir da curva I-V é possível obter duas curvas importantes adicionais: curva P-V (relaciona a potência de saída com a tensão); e a curva R-V (relaciona a carga de saída com a tensão). A curva R-V pode ser obtida medindo a corrente e a tensão nos terminais de saída do conversor e aplicando a Lei de Ohm:

$$R(V) = \frac{V}{I(V)}. \quad (10)$$

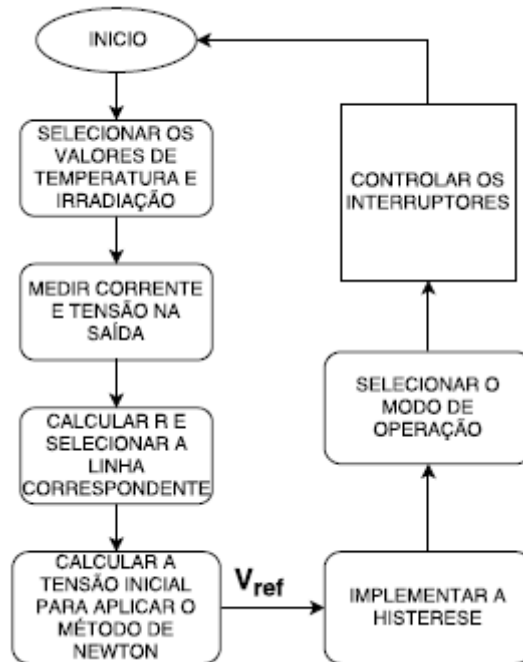
Para cada valor de resistência existe um único par I-V para uma condição climática fixa. Portanto, estimando o valor de carga de saída conectado ao conversor, é possível controlar a tensão de saída do conversor para impor o correspondente par I-V na saída. Uma vez que as curvas I-V e R-V são equações complexas e exigem um esforço computacional intolerável para processadores incorporados, a curva R-V é aproximada por linhas, denominado método de aproximação linear (LAM) (Lu e Nguyen, 2012), representado na Figura 3. Estas linhas são o primeiro passo para obter o valor de referência de tensão usado pelos controladores para emular um painel PV.

3. PROJETO DO EMULADOR

3.1 Algoritmo de controle

As curvas I-V ou R-V originais são complexas para obter em um sistema incorporado. Assim, o LAM é usado para reduzir a complexidade computacional. Primeiro, usando (10), 3 linhas são calculadas *offline* e incorporadas no microcontrolador, conforme descrito na Figura 3. A tensão e a corrente de saída são medidas nos terminais do conversor para estimar o valor da carga (R). A linha correspondente a este valor R é usada para obter uma estimativa inicial da referência de tensão de saída (V_{shoot}), (veja Figura 3). Esta estimativa inicial,

Figura 4: Fluxograma do algoritmo de controle do emulador PV



Fonte: Os autores

que é muito próxima da verdadeira raiz, é alimentado no método de Newton para reduzir o erro. Apenas três iterações são necessárias para encontrar um valor de tensão próximo à curva original para usar como referência. Finalmente, sabendo o valor de referência de tensão que deve ser imposto nos terminais de saída, o modo de operação é selecionado através de um método, chamado aqui de histerese, e o

controle correspondente atua nos comutadores. Este algoritmo é apresentado através do fluxograma na Figura 4.

3.2 Projeto do Circuito de Potência

No projeto do circuito de potência, indutores e capacitores precisam ser dimensionados para garantir um modo de condução contínua (CCM) e o ripple (ΔV) da tensão de saída não exceda 5% na frequência de comutação (20 kHz). Utilizando (11) e (12) (Bacha et al., 2014), com um fator de segurança maior do dobro do valor inicial, são obtidos os valores mínimos para cada modo de operação do conversor (variando a razão cíclica em cada modo de operação e usando diferentes valores de resistência das curvas R-V), assim $L = 400 \mu H$ e $C = 1 mF$.

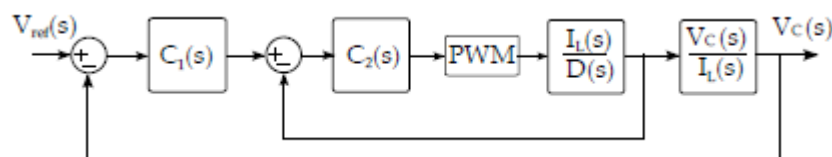
$$L_{min} \geq 2 \max \left[\frac{(1 - D_1)R}{2f}, \frac{D_2(1 - D_2)^2 R}{2f} \right] \quad (11)$$

$$C_{min} \geq 2 \max \left[\frac{1 - D_1}{8L\Delta V f^2}, \frac{D_2}{R\Delta V f} \right] \quad (12)$$

3.3 Sistema de Controle

Nesta fase, um controle em cascata é projetado para regular a tensão de saída usando uma malha interna de corrente e outra externa de tensão, como ilustrado

Figura 5: Sistema de controle em cascata para regular o conversor FSBB para cada modo de operação



Fonte: Os autores

Tabela 1: Controladores PI – 3 modos de operação

Modo de Operação	Ponto de Operação		Malha externa		Malha Interna	
	$V(V)$	$R(\Omega)$	K_p	T_i	K_p	T_i
BUCK	6	1.83	3.03	0.0017	0.412	0.0035
BUCK-BOOST	12	3.66	3.65	0.0023	0.2085	0.0069
BOOST	18	5.9	3.33	0.0028	0.2085	0.0112

Fonte: Os autores

na Figura 5. Seis controladores diferentes são sintonizados, dois para cada modo de operação do conversor FSBB. Vale a pena dizer que o tempo de resposta da malha interna deve ser mais rápido que a externa para que o controle em cascata seja bem sucedido. Utilizando (3)–(8) é possível obter a função de transferência que relaciona a tensão de saída com a corrente do indutor, dividindo as duas funções de transferência que relacionam ambas com a razão cíclica. Os controladores PI, $C_1(s)$ e $C_2(s)$, são sintonizados usando os métodos da resposta em frequência e lugar das raízes. Os controladores foram projetados para cada modo de operação usando os mesmos requisitos. Para a malha externa, o tempo de estabelecimento é de 1 ms utilizando o critério do 5 %. Logo, a malha interna deve ser capaz de filtrar a resposta do sistema na frequência de comutação, de modo que a frequência de cruzamento usada é de 2 kHz. Os valores dos parâmetros do controlador K_p e T_i obtidos são representados na Tabela 1.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste trabalho, o módulo solar YL55P-17b, fabricado pela Yingli Solar, é utilizado como referência. Os parâmetros elétricos deste painel PV nas Condições Padrão de Teste (STC) são apresentados na Tabela 2. Utilizando (9), (10), dados da Tabela 2 e o software Matlab R2016a, as curvas I-V e R-V foram obtidas para valores diferentes das condições climáticas.

Tabela 2: Parâmetros elétricos do painel YL055P

Yingli YL055P 17b	
Potência Máxima (P_{max})	55 W
Tensão na P_{max} (V_{mppt})	17.83 V
Corrente na P_{max} (I_{mppt})	3.08 A
Tensão de Circuito Aberto (V_{oc})	22.07 V
Corrente de Curto Circuito (I_{sc})	3.28 A
Coefficiente de T para I_{sc} (T_{CI})	60 mA/°C
Coefficiente de T para V_{oc} (T_{CV})	-330 mV/°C

Fonte: Os autores

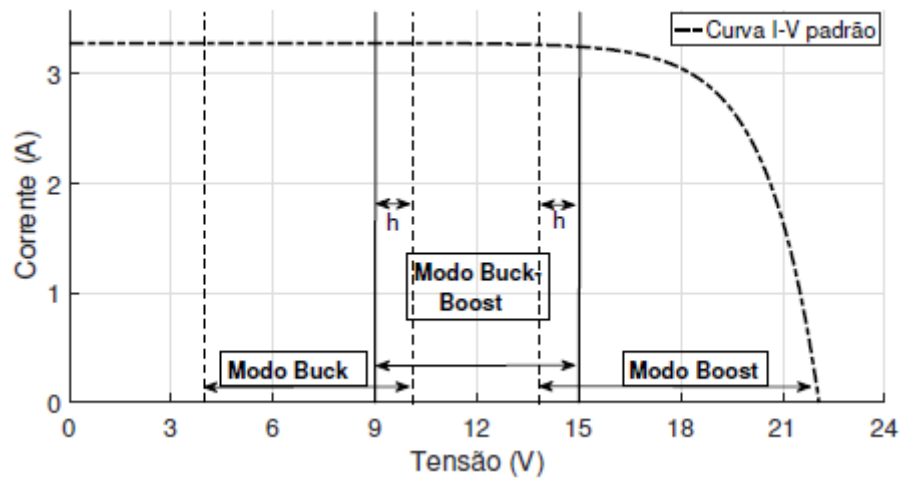
Para este trabalho foram selecionadas sete curvas R-V distintas, três mantendo fixa a irradiação em 1000 W/m² e variando a temperatura de 10 °C para 50 °C até 75 °C, outras três mantendo fixa a temperatura em 25 °C variando a irradiação de 250 W/m² para 500 W/m² até 750 W/m² e a curva R-V padrão ($G = 1000 \text{ W/m}^2$ e $T = 25 \text{ °C}$). Após a obtenção destas curvas, o método LAM foi aplicado para cada uma delas e foram obtidas 3 linhas para cada curva R-V. Estas linhas encontradas conseguem aproximar as curvas selecionadas, a fim de utilizar esta aproximação por retas em combinação com o método de Newton para encontrar um valor da tensão de referência que define o modo de operação do conversor FSBB e o controle de seus interruptores.

Para definir os modos de operação do conversor FSBB foi selecionada a curva I-V padrão ($G = 1000 \text{ W/m}^2$ e $T = 25 \text{ °C}$). Após obter os valores desta curva, ilustrada na Figura 6, foram realizadas diferentes definições. Uma definição determinou que a tensão de alimentação (V_{in}) seja de 12 V, um valor semelhante à metade da tensão de circuito-aberto do painel YL055P, além de ser um valor comumente fornecido por fontes de alimentação em laboratórios. Logo, a partir de V_{in} e valores de tensão da curva I-V padrão, foram definidos os três modos de operação do conversor FSBB utilizando o método da histerese, como ilustrado na Figura 6. Os três intervalos de operação onde o conversor opera como *buck*, *buck - boost* e *boost* foram selecionados (*buck* se $V_{ref} \leq 9V$, *buckboost* se V_{ref} entre 9 V e 15 V e *boost* se $V_{ref} \geq 15V$), onde o valor de histerese (h) foi definido como 1 V, suficiente para evitar comutações sucessivas entres estes modos.

Para verificar o algoritmo proposto, dois testes foram simulados onde, a partir de uma temperatura fixa, a irradiação é variada (ilustrado na Figura. 7), e outro onde

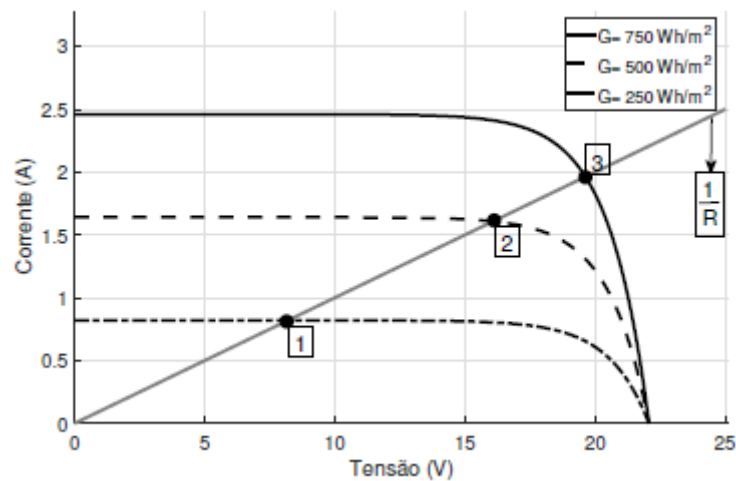
a temperatura variou usando a irradiação máxima (ver Figura. 9). Em ambos casos a carga fixa na saída é 10 , portanto a reta que define os três pontos para cada figura tem como coeficiente angular o inverso deste valor. Além disso, o tempo para emulação escolhido foi de 0,1 s para simular mudanças abruptas nas condições climáticas. Para desenvolver o primeiro teste, foi utilizada a temperatura padrão de 25°C e variou-se a irradiação de acordo à

Figura 6: Seleção dos modos de operação do conversor FSBB na curva I-V padrão



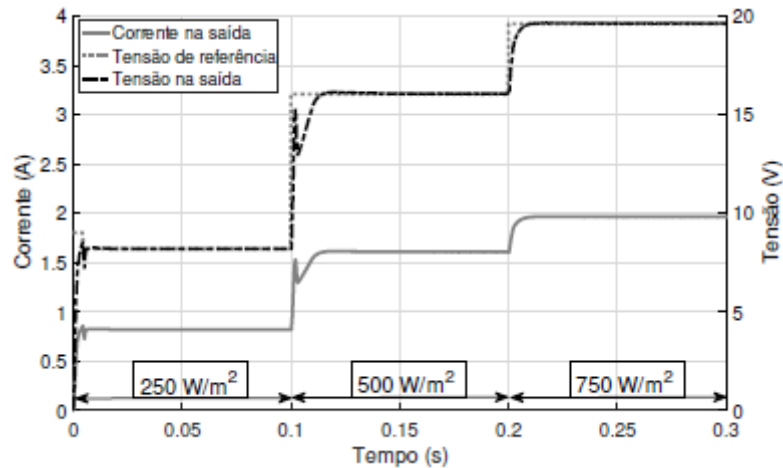
Fonte: Os autores

Figura 7: Curvas I-V simuladas variando a irradiação na temperatura padrão



Fonte: Os autores

Figura 8: Resultados da simulação do emulador PV sob variação da irradiação

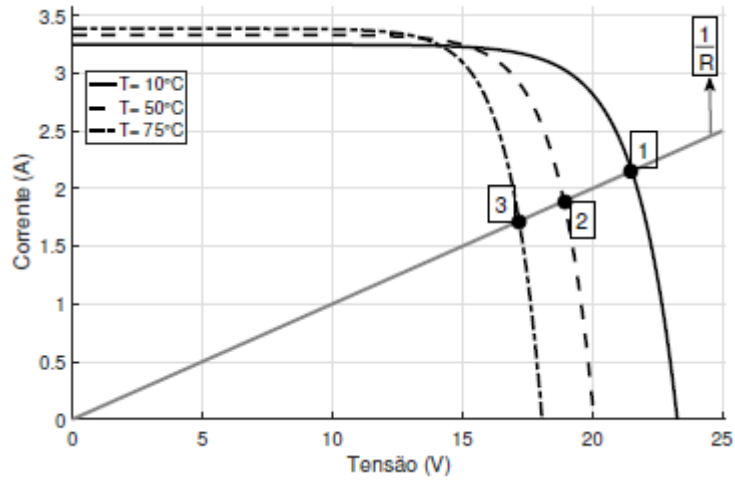


Fonte: Os autores

Tabela 3, comparando o modelo analítico com os valores obtidos na simulação do PSIM nos terminais de saída do conversor, apresentados na Figura. 8. Para este teste, o conversor trabalha em dois modos de operação distintos, *buck* quando a irradiação está em 250 W/m^2 , e *boost* para 500 W/m^2 e 750 W/m^2 . Tal caso mostra que o controle consegue mudar o modo de operação do emulador de maneira estável. Logo, no segundo teste, utilizando a irradiação máxima variou-se a temperatura em conformidade aos valores da Tabela 4, comparando o modelo analítico com os valores obtidos nos terminais do conversor a partir da simulação no PSIM, ilustrados na Figura. 10. Neste caso, o conversor opera somente no modo de operação *boost*, isso se deve que a variação mais significativa entre as curvas I-V acontece entre os pontos de MPPT e circuito-aberto que possuem tensões maiores do que a tensão de alimentação. Pode-se observar nessas tabelas valores aceitáveis, pois existe um erro satisfatório entre o valor emulado com o valor teórico. Por isso, pode-se afirmar que o emulador, para estes estudos de caso, opera corretamente.

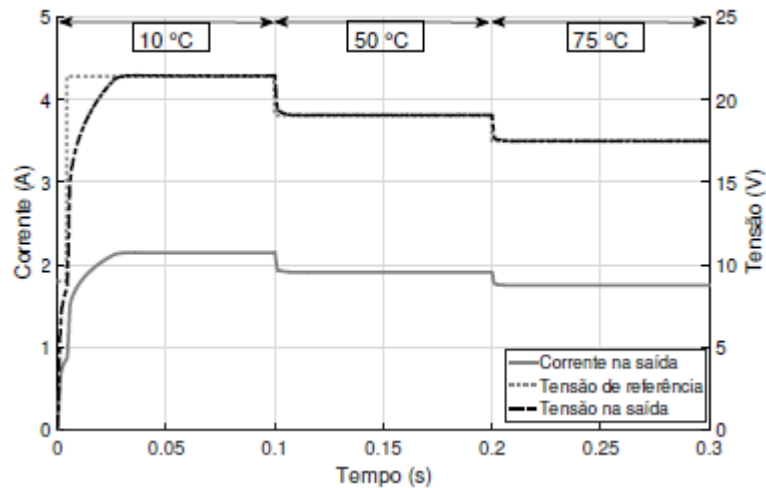
Um último teste teve como objetivo verificar o comportamento do emulador

Figura 9: Curvas I-V simuladas variando a temperatura na irradiação máxima



Fonte: Os autores

Figura 10: Resultados da simulação do emulador PV sob variação da temperatura



Fonte: Os autores

PV sob variação de carga na saída para uma curva I-V específica. A curva selecionada como referência foi a curva I-V padrão do painel YL055P e foram escolhidos três pontos desta curva onde o emulador opera nos três modos de operação. Estes três pontos são 2 para o modo *buck*, 4 para o modo

Tabela 3: Comparação entre o modelo desenvolvido e a saída do emulador PV variando irradiação a 25°C

Resultados da Simulação				
$G \text{ (W/m}^2\text{)}$	Pares das curvas I-V		Emulador PV	
	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)
250	0,82	8,2	0,818	8,18
500	1,61	16,1	1,607	16,07
750	1,96	19,6	1,962	19,62

Fonte: Os autores

buck - boost e 12 para o modo *boost*, portanto os coeficientes angulares de cada reta consistem no inverso desses valores selecionados, como ilustrado na Figura 11. Então, para comprovar que a estratégia de controle proposta teve sucesso, os terminais do emulador PV devem apresentar na saída os mesmos pares I-V dos pontos para cada carga escolhida, simulando uma variação na curva I-V padrão do painel PV.

A Figura 12 mostra os valores obtidos nos terminais de saída do emulador PV simulados no PSIM para a variação da carga na saída tomando como referência a Figura 11, demonstrando a eficácia do emulador para este tipo de variação. Neste caso, o tempo aumentou para 1 s, pois esta mudança exige um maior tempo de acomodação para o controle estabilizar. O conversor conseguiu operar nos três modos e apresentou pequenas oscilações quando muda de um modo para outro devido à histerese implementada. Portanto, nota-se que o sistema de controle em cascata proposto atua de forma eficiente e que alcança os valores desejados em tempo aceitável.

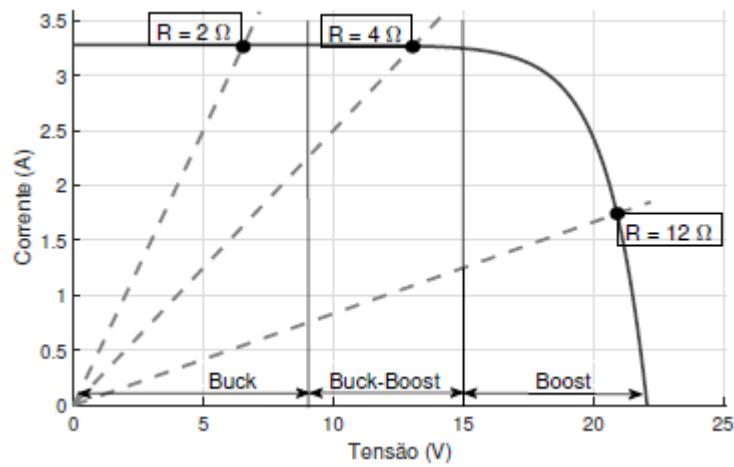
Na Tabela 5 se apresentam os resultados da simulação do emulador PV realizada no PSIM e os valores nos pontos selecionados da curva I-V padrão a partir do modelo analítico desenvolvido no Matlab. Se colocaram os valores para os três modos de operação do conversor FSBB para ambos casos. Pode-se observar que foram obtidos valores aceitáveis, pois existe um erro satisfatório entre o valor na saída do emulador PV com o valor do modelo teórico da curva I-V padrão. Por fim, pode-se afirmar que o emulador opera corretamente quando se

Tabela 4: Comparação do modelo desenvolvido com a saída do emulador PV variando temperatura na irradiação máxima

Resultados da Simulação				
T (°C)	Pares das curvas I-V		Emulador PV	
	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)
10	2,145	21,45	2,147	21,47
50	1,905	19,05	1,907	19,07
75	1,75	17,5	1,748	17,48

Fonte: Os autores

Figura 11: Curva I-V padrão com os três pontos onde o conversor FSBB trabalha nos 3 modos de operação



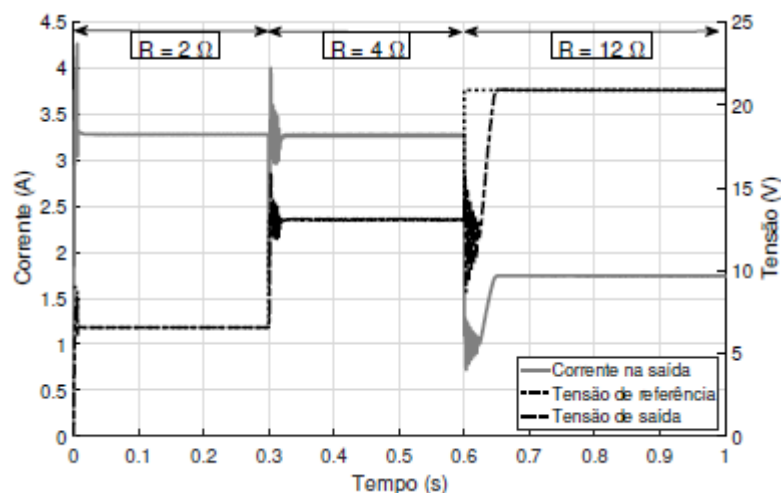
Fonte: Os autores

Tabela 5: Resultados obtidos da curva I-V selecionada e do emulador PV proposto para cada modo de operação

Modo de Operação	Resultados da Simulação				
	R (Ω)	Modelo da curva I-V		Emulador PV	
		I (A)	V (V)	I (A)	V (V)
BUCK	2	3,28	6,57	3,28	6,567
BUCK-BOOST	4	3,27	13,1	3,269	13,08
BOOST	12	1,75	20,9	1,747	20,91

Fonte: Os autores

Figura 12: Resultados da simulação do emulador PV sob variação da carga



Fonte: Os autores

varia a carga na saída para simular pontos de uma mesma curva I-V selecionada nos diferentes modos de operação do conversor FSBB.

Os três testes demonstraram a efetividade do algoritmo implementado para o emulador PV e do sistema de controle em cascata proposto, para cada modo de operação do conversor FSBB. Concluindo que, a partir destes resultados simulados, é possível garantir a eficácia do emulador proposto.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o projeto de um emulador PV baseado em um conversor CC-CC buck-boost de quatro interruptores (FSBB). O emulador usou a aproximação linear e o método de Newton para determinar a tensão de referência que corresponde à curva I-V, com baixa complexidade e erro. O método da histerese implementado determinou de forma correta o modo de operação do conversor a partir da tensão de referência encontrada. Esta tensão de referência com precisão aceitável é rastreada por uma estrutura em cascata composta por dois controladores PI. Os primeiros testes realizados corroboraram a capacidade de adaptação na variação das condições climáticas (temperatura e irradiação), pois o emulador PV atingiu os valores selecionados do modelo analítico destas curvas I-V. Logo, o emulador foi testado usando diferentes cargas resistivas que forçam o conversor a trabalhar em cada modo

de operação (*buck*, *buck – boost* e *boost*). Estes resultados demonstraram a eficácia do emulador ao atingir os valores do modelo da curva I-V padrão selecionada sob diferentes condições de carga.

REFERÊNCIAS

- 1 SAMPAIO, P. G. V.; GONZALEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, p. 590 – 601, 2017. ISSN 1364-0321.
- 2 ARMSTRONG, S.; LEE, C. K.; HURLEY, W. G. Investigation of the harmonic response of a photovoltaic system with a solar emulator. In: *European Conference on Power Electronics and Applications*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 8 pp.–P.8.
- 3 MUKERJEE, A.; DASGUPTA, N. Dc power supply used as photovoltaic simulator for testing mppt algorithms. *Renewable Energy*, v. 32, n. 4, p. 587 – 592, 2007. ISSN 0960-1481.
- 4 TRAPP, J. G. et al. Fc and pv emulation by buck converter based on experimental vxi curves and dynamic response. In: *XI Brazilian Power Electronics Conference*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 984–991. ISSN 2165-0454.
- 5 LU, D.; NGUYEN, Q. A photovoltaic panel emulator using a buck-boost dc/dc converter and a low cost micro-controller. *Solar Energy*, v. 86, p. 1477–1484, May 2012.
- 6 CORDEIRO, A.; FOITO, D.; PIRES, V. F. A pv panel simulator based on a two quadrant dc/dc power converter with a sliding mode controller. In: *International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 928–932.
- 7 REN, X. et al. Three-mode dual-frequency two-edge modulation scheme for four-switch buck-boost converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 24, n. 2, p. 499–509, Feb 2009. ISSN 0885-8993.
- 8 ORELLANA, M. et al. Four switch buck-boost converter for photovoltaic dc-dc power applications. In: *IECON - 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 469–474. ISSN 1553-572X.
- 9 ERICKSON, R. W.; MAKSIMOVIC, D. *Fundamentals of Power Electronics*. Second. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- 10 ORTIZ-RIVERA, E. I.; PENG, F. Z. Analytical model for a photovoltaic module using the electrical characteristics provided by the manufacturer data sheet. In: *IEEE 36th Power Electronics Specialists Conference*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 2087–2091.
- 11 BACHA, S.; MUNTEANU, I.; BRATCU, A. I. *Power Electronic Converters Modeling and Control*. [S.l.]: Springer-Verlag London, 2014. ISBN:978-1-4471-5477-8.

CAPÍTULO 17

OFÍCIO DE ALUNO NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: CONDIÇÕES PARA O SUCESSO NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM – OLHARES SOBRE UMA EXPERIÊNCIA EM EaD

Gláucia M. Carvalho Cota

CEFET / MG

E-mail: glaucota@gmail.com

Suzana Lanna Burnier

CEFET / MG

E-mail: suzanaburniercoelho@gmail.com

Resumo: A demanda por formação continuada e a crescente utilização da Educação a Distância como alternativa de formação para as pessoas que não podem estar física e temporalmente atidos a uma estrutura fixa de ensino fazem prementes os estudos do ofício de aluno do Ensino Superior nas perspectivas da elaboração dos saberes, do desenvolvimento das aprendizagens e da aquisição das habilidades necessárias para o trabalho nesta modalidade. Com esse intuito foi realizada, ano de 2013, uma investigação junto aos discentes de uma IES situada na região metropolitana de Belo Horizonte que já tinham implantados os 20% de suas disciplinas regulares na EaD. Os dados analisados trazem pistas sobre como se processam nos alunos as suficiências técnicas e tecnológicas e as competências humanas e conceituais no trabalho online, do ingresso à formação no curso superior.

Palavras-chave: Educação a Distância; Ofício de aluno; Ensino Superior.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo, centrado na investigação de como se dá a ancoragem, desde as suficiências técnicas e tecnológicas até a construção de competências humanas e conceituais, para o exercício do ofício de aluno do Ensino Superior na Educação a Distância foi realizado em uma circunstância diferente da atual: naquele ano, os grupos educacionais, sobretudo os de capital aberto, ainda não dominavam o cenário da educação, tampouco uma pandemia com consequências diretas no modo como ensinamos e aprendemos havia se colocado. Não consideramos aqui, portanto, fatores determinantes para o que é a Educação a Distância hoje – grande, forte, mas não necessariamente acompanhada da estrutura para o seu bom desenvolvimento; analisamos, sim, o início da efetivação do modelo de Educação a Distância em um contexto pontual, com o intuito de trazer material que assinale aspectos relevantes na implementação do ensino virtual. É importante salientar que foge ao escopo desta investigação discutir sobre a oferta de 40% da carga horária na modalidade de Ensino a Distância em cursos de graduação presenciais, como disposto na Portaria nº 2.117, de 6 de dezembro de 2019.

Partiu-se do pressuposto de que a aquisição das habilidades necessárias para o trabalho nesta modalidade de ensino ocorre, como em todo processo de formação, de maneira processual, e que tem o caminho potente da incorporação cultural dos elementos inerentes às relações mediadas por tecnologias digitais. Acredita-se que tal processo, amparado pelo Art. 81 da LDB [1], foi beneficiado, inicialmente, por um Decreto, três Portarias do MEC [2] [3] [4] e, em sequência, pela Portaria Nº 1.134 [5] que estabeleceu nova redação para tratar a EaD [5], autorizando e regulamentando a introdução de disciplinas no modo semipresencial em até 20% da carga horária total de cursos superiores. O que se quer dizer é que, ao iniciar disciplinas no ambiente virtual, o aluno contando com uma infraestrutura conhecida – a presencial - com a qual já possui vínculo e podendo valer-se da organização de apoio na IES, encontra, no trânsito presencial/virtual, condições para construir-desconstruir, confrontar, problematizar, negociar, propor, solucionar questões relacionadas a dificuldades técnicas ou pedagógicas sobre o ensino aprendizagem *online*.

As práticas educativas pressupõem, na modalidade a distância, campos de interatividade, de participação colaborativa e de cognição, que requerem da instituição

investimentos específicos para tais práticas e, do aluno, para além - e minimamente - do domínio da ferramenta, a apropriação das formas de negociação, de problematização, de interpretação de enunciados pelas vias informacionais. Ou seja, o aluno depara-se, no mundo atual, com um processo que demanda sua inserção na cultura digital: o sujeito aprendiz vê-se obrigado à aculturação digital – aqui entendida como os fenômenos resultantes do contato entre grupos de indivíduos que fazem uso das tecnologias digitais em diferentes contextos e as subsequentes adoções pelo sujeito dessas tecnologias no seu cotidiano. Partiu-se, neste estudo, do conceito de aculturação das ciências sociais. [16].

Para Bourdieu há dois modos de aquisição de cultura, quais sejam: “o aprendizado total, precoce e insensível, efetuado desde a primeira infância no seio da família, e o aprendizado tardio, metódico, acelerado, que uma ação pedagógica explícita e expressa asseguram.” [11].

A presente pesquisa sinaliza as dimensões constitutivas do conceito de relação com o saber, aplicando-o ao contexto *online*:

Analisar a relação com o saber é estudar o sujeito confrontado à obrigação de aprender, em um mundo que ele partilha com outros [...] é analisar uma relação simbólica, ativa e temporal. Essa análise concerne à relação com o saber que um sujeito singular inscreve num espaço social [11].

Para Perrenoud [15], um sentido é construído a partir de uma cultura, de valores e múltiplas representações, edifica-se em relações, interações e ações. Segundo o autor, ao atentarmos para a construção do sentido do ofício de aluno, dos saberes, das situações e das aprendizagens, poderemos propor um fio condutor, interdisciplinar, que melhor oriente esse ofício.

No livro *O Ofício do Aluno e o Sentido do Trabalho Escolar* [15] está sinalizado a necessidade de investirmos na pesquisa sobre o aprender a ser estudante:

Tratando-se do que se aprende pela prática para uma prática ulterior, existe um meio indireto: analisar o tipo de relações, de comunicações, de jogos interpessoais e organizacionais que se praticam na aula, o que pelo menos, dará uma ideia do tipo de atores que a escola forma quanto às relações com o outro e na vida de uma organização. É claro, uma aprendizagem não nasce de uma prática excepcional. É, pois, nas regularidades que é preciso separar as duráveis, as situações escolares que favorecem a formação de esquemas de ações e de interações relativamente estáveis e que, por um lado, possam ser transpostas para outras situações comparáveis, fora da escola ou após a escolaridade. [14].

Assim, ainda que não seja pauta deste artigo preceituar vantagens e desvantagens da educação presencial *versus* Educação a Distância, e vice-versa, devem-se considerar as especificidades envolvidas nas duas formas de educar. Destaca-se a denominação de Educação Híbrida [10] no entendimento de que a sociedade hodierna deve incorporar de fato a pluralidade, o multiculturalismo, a coexistência de modos, de ideias, de relações. Não há mais espaço para uma educação fragmentada, já que convivemos com a presencialidade do virtual e a virtualidade no-do mundo físico.

É preciso compreender e colocar sob crítica o fato de que toda modificação tensiona, causa resistência, abala as estruturas, sobremaneira se falamos de uma nova cultura, o que implica tempo para desestruturação, adaptação, reestruturação e constituição de sentido.

A sociedade contemporânea, em suas múltiplas denominações e acepções (do conhecimento, da aprendizagem colaborativa, autoral, cibercultural, neoliberal, pós-moderna, neurocultural, líquida, dentre outras), apresenta outro cenário não somente para as pesquisas científicas, mas também para os sujeitos sociais, que se informam por hipertexto na Internet, se relacionam por redes sociais e virtuais, criam comunidades incorporando avatares: não apenas consomem, mas sobretudo se constituem como geradores de produtos e conhecimento [10].

Nesse contexto, além de se considerarem os alunos que já chegam ao Ensino Superior imersos nas tecnologias digitais, familiarizados com elas e competentes para um processo de ensino e aprendizagem cibercultural, precisam também ser identificados aqueles com habilidades incipientes para as aulas *online*. É muito provável, inclusive, que os alunos não inseridos na cultura digital sejam a maioria, dadas as profundas modificações no público do Ensino Superior no País, incrementadas por políticas inclusivas e ainda pela ampliação da oferta de vagas. Se o desenvolvimento tecnológico impõe uma nova socialidade e uma nova cognição, é premente compreender como se dá o ofício de aluno na educação *online*, com vistas a promover atitudes de inclusão, favorecer a imersão e a integração do aluno, promovendo a aprendizagem em ambientes virtuais.

1.1 Educação Superior no Brasil

O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep/MEC) realiza anualmente o Censo da Educação Superior, disponibilizando

dados sobre cursos de graduação e sequenciais e sobre alunos e docentes vinculados a esses cursos. Para traçarmos um panorama do movimento do Ensino Superior na última década vamos ao Censo 2011, em que foi declarado o total de 30.420 cursos de graduação, sendo 29.376 (96,6%) na modalidade presencial e 1.044 (3,4%) na modalidade a distância. Ao Censo de 2011 [7], foram referidos no Ensino Superior, 6.739.689 alunos matriculados, dos quais 5.746.762 (85%) optaram por cursos presenciais e 992.927 (15%) escolheram o ensino a distância. Já, consultando o Censo 2019 [8], encontramos um saldo de 40.427 cursos de graduação, sendo 35.898 (88,8%) na modalidade presencial e 4.529 (11,2%) na modalidade a distância. Ainda pelo Censo 2019, vimos que existem no Brasil, matriculados no Ensino Superior, 8.603.824 alunos, dos quais 6.153.560 (71,5%) são de cursos presenciais e 2.450.264 (28,5%) de ensino a distância, o que aponta para uma queda de mais de 13% de matriculados nos cursos presenciais entre 2011 e 2019.

Embora os dados censitários forneçam informações sobre cursos presenciais e a distância, como não mensuram as disciplinas a distância nos cursos presenciais, não se tem uma estatística precisa do número de estudantes que atuam nessa modalidade de ensino. A regulamentação para a EaD ganhou, em 2016 – quando os dados da pesquisa de campo aqui apresentada já haviam sido tabulados - um novo aporte: a Portaria MEC nº 1.134/2016 [5] representando um outro marco para a integração das modalidades de ensino presencial e ensino a distância, já que autoriza a implantação de disciplinas na modalidade a distância em até 20% da carga total prevista para um curso superior autorizado, bastando para tal que um único curso dos ofertados pela IES seja reconhecido. Pelas normativas da EAD a definição dos critérios de distribuição de quais disciplinas serão ofertadas na modalidade caberá à IES, contanto que se garanta que a avaliação das disciplinas oferecidas nesse formato virtual sejam presenciais. Dessa forma, criou-se condições tais que grande parte dos discentes do Ensino Superior já estudam em ambientes *online* e/ou por meio de cursos a distância. Vista por muitos como mecanismo exclusivo de contenção de despesas, a EaD consiste em ferramenta que pode facilitar o acesso dos estudantes a processos formativos, sendo que, em alguns casos, consiste na única alternativa possível de formação.

Destarte, na integração de ambientes virtuais e presenciais de ensino, o aluno do Ensino Superior, que aqui se investigou, adaptado por no mínimo 11 anos a uma

sala de aula presencial – nas suas dimensões física, curricular, sócio-cognitiva, administrativa e acadêmica –, passou a alternar entre momentos de estudo na sala de aula tradicional e momentos de estudo nos ambientes virtuais de aprendizagem, que requerem domínio das ferramentas de comunicação virtual, efetiva participação, produção predominantemente escrita, proficiência para leitura de hipertextos, autogestão dos horários de estudo e da aprendizagem. A Educação a Distância não é, pois, apenas uma nova modalidade de ensino, mas uma nova experiência de ser aprendiz e de construir aprendizagem.

2. METODOLOGIA

Este estudo teve como questão central investigar se e como as suficiências técnicas e tecnológicas e as competências humanas e conceituais são desenvolvidas e apreendidas ao longo do curso de disciplinas *online* no curso superior presencial, bem como pesquisar se elas impactam na formação profissional. Buscou-se também encontrar pistas sobre quais saberes prévios estão presentes no processo de aprendizagem no ambiente *online*.

Elegeu-se para este trabalho o método de abordagem indutivo, segundo o qual, a partir de constatações particulares verificadas, pode-se chegar à elaboração de generalizações [14]. Esta pesquisa corresponde a um estudo de caso realizado na Faculdade da Cidade de Santa Luzia (FACSAL), no ano de 2013, com aplicação de procedimento estatístico - cabe lembrar que, neste trabalho, refere-se de forma intercambiável a todos os alunos regularmente matriculados na FACSAL, uma vez que foi abarcada a população total e não apenas uma amostra, já que todo o aluno da IES cursa, no mínimo, 3 disciplinas na modalidade *online* entre seu ingresso e a conclusão da sua graduação, conforme explicitado adiante. Para coleta e tabulação de dados, valeu-se do questionário como técnica de pesquisa.

2.1 O Desenho da Pesquisa

Para se alcançar os objetivos propostos, o desenho da pesquisa prescindia de uma instituição que ofertasse sistematicamente, na ocasião, disciplinas a distância em cursos diversos e que atendesse alunos cujo perfil sócio-econômico se aproximasse

dos segmentos não tradicionalmente incluídos na cultura acadêmica e digital, a fim de investigar os impactos da experiência com a Educação a Distância na formação desses sujeitos. O campo de pesquisa constituiu-se, então, em uma faculdade privada que atendia basicamente alunos trabalhadores: a FACSAL.

A FACSAL - Faculdade da Cidade de Santa Luzia/MG - foi fundada em 1998, na região metropolitana de Belo Horizonte/MG, sendo a única instituição de Ensino Superior do município. A IES contemplava, assim, à microregião luziense: Santa Luzia e demais localidades adjacentes, como Sabará, Jaboticatubas, Caeté, dentre outras.

A estrutura acadêmica da FACSAL comportava uma estrutura que atendeu, no ano de 2012, a 920 alunos, distribuídos em 9 cursos. A distribuição de discentes por curso está especificada na tabela seguinte.

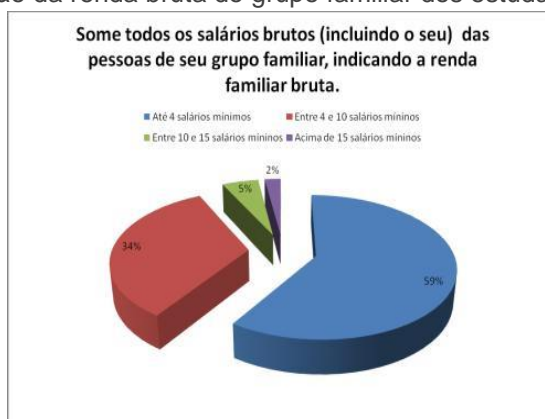
Tabela 1: Distribuição de discentes da FACSAL por curso [13]

Quadro de Lotação / Corpo discente	
Curso	Discentes
Administração de Empresas	162
Ciências Contábeis	81
Direito	212
Enfermagem	48
Farmácia	139
Fisioterapia	49
Educação Física	59
Pedagogia	94
Sistema de Informação	76
Total de alunos	920

Fonte: Os autores

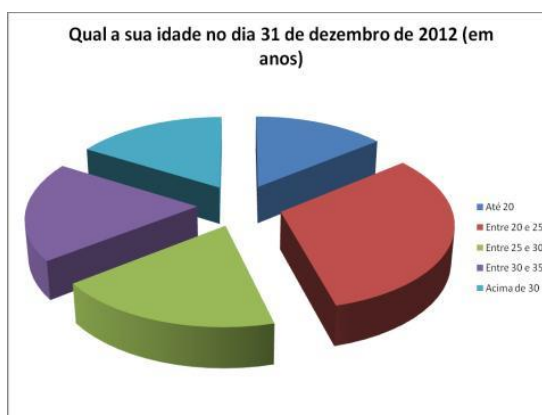
Como se vê no Gráfico 1, a distribuição da renda bruta do grupo familiar dos estudantes da FACSAL concentrava-se 59% em até 4 salários mínimos, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1: Distribuição da renda bruta do grupo familiar dos estudantes da FACSAL [13]



Fonte: Os autores

Gráfico 2: Faixa etária dos estudantes da FACSAL [13]



Fonte: Os autores

O elevado número de alunos com baixo poder aquisitivo é um possível fator explicativo da idade mais elevada, possivelmente em decorrência de abandono escolar precoce vivido ao longo da vida escolar, sendo o aluno da FACSAL muitas vezes o primeiro representante do grupo familiar ao chegar no Ensino Superior. Vale ainda ressaltar que, pelo Censo do IBGE 2011[6], a proporção de domicílios com acesso simultâneo ao serviço de iluminação elétrica, computador, Internet, aparelho de DVD, TV em cores e máquina de lavar corresponde a 11,1% para 1000 domicílios na região metropolitana de Belo Horizonte, tendo a aquisição de bens duráveis relação direta com a condição socioeconômica e impactos na trajetória escolar.

Amparada pela portaria do MEC 4.059/2004, a FACSAL implantou em 2006 a plataforma MOODLE, inicialmente apenas com a disciplina de Engenharia de Software, ministrada no 7º período do Curso de Sistemas de Informação. Para tal, considerou-se a competência técnica do docente e a destreza dos discentes para o

trabalho com tecnologias digitais. No ano de 2007, nos cursos superiores presenciais reconhecidos, outras 6 disciplinas passaram a ser ministradas a distância: Filosofia, Sociologia, Antropologia, Bioética, Bioestatística e Fundamentos de Sistemas de Informação.

No semestre seguinte do mesmo ano letivo, treze disciplinas distribuídas em todos os cursos ofertados pela IES, compuseram o quadro de disciplinas *online*, chegando, no primeiro semestre de 2012, a 20% do total da carga horária dos nove cursos em funcionamento na IES. As disciplinas da modalidade foram oferecidas às segundas e sextas-feiras, permitindo que os alunos em dias de aulas da EaD se deslocassem até a instituição somente se assim optassem – os laboratórios ficaram disponíveis de segunda-feira a sábado, dessa forma, o aluno poderia acessar a plataforma MOODLE de outro local, ir à IES no dia da aula *online* ou, ainda, organizar um horário de estudo nos laboratórios da instituição no dia em que melhor lhe conviesse.

Os programas e as disciplinas a distância da FACSAL foram vinculados administrativamente à Diretoria Geral, em co-gestão com as Coordenações de Curso e com a Coordenação do Centro Virtual de Ensino mais especificamente, respeitadas as competências de suas áreas e demais instâncias acadêmicas e administrativas. Sob o aspecto didático-científico e pedagógico, estavam supervisionados pelo Diretor Geral e executados pelos coordenadores de Cursos, do Centro Virtual de Ensino, do Núcleo de Desenvolvimento Tecnológico, além dos docentes envolvidos em cada curso/programa/atividade.

Apresentaram-se elencados como de responsabilidade do Centro Virtual de Ensino: o atendimento presencial dos alunos, registro e tratativa de questões relacionadas à EaD; estudo das melhores estratégias para a promoção da aprendizagem; a seleção e a substituição dos recursos humanos envolvidos na Educação a Distância; a organização da capacitação dos professores; a integração dos docentes que compõem o curso em uma comunidade de aprendizagem; a supervisão da atuação dos professores; o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à EaD.

A produção e a disponibilização do material de aula e a moderação no ambiente virtual couberam aos docentes de cada disciplina-área, com apoio da equipe técnica,

ficando sob a responsabilidade dos coordenadores de curso e da coordenação do Centro Virtual de Ensino o gerenciamento e a gestão pedagógica.

O perfil dos estudantes da FACSAL, principalmente nos quesitos classe econômica e manutenção financeira do curso, repercute diretamente na temática desta pesquisa, uma vez que a Educação a Distância é vista como uma solução viável às consequências educacionais provenientes das restrições financeiras, já que o aluno do Ensino Superior, via de regra, precisa complementar sua formação sem deixar de trabalhar. De acordo com a Pesquisa Institucional da IES [13], 91% dos alunos da IES trabalhavam e estudavam concomitantemente

2.2 Preparação da Base de Dados

Seis procedimentos foram necessários para tornar a pesquisa adequada aos propósitos do tratamento dos dados:

1. Separar os alunos que cursavam a primeira etapa do curso - do primeiro ao terceiro período (grupo 1), que corresponde ao ciclo básico, daqueles que estavam no ciclo intermediário – quarto e quinto períodos (grupo 2) –, e aqueles do ciclo profissionalizante, a partir do sexto período (grupo 3).
2. Aplicar questionário 1 para os alunos dos grupos (1), (2) e (3).
3. Aplicar questionário 2 para os alunos do grupo (1).
4. Aplicar questionário 3 para os alunos do grupo (2).
5. Aplicar questionário 3 para os alunos do grupo (3).
6. Aplicar questionário 4 para egressos

Os questionários 1 e 2 incluíram perguntas relativas à familiaridade com as tecnologias digitais, ao conhecimento prévio para trabalhos com disciplinas *online*, à credibilidade no processo ensino-aprendizagem *online*, à disposição para fazer disciplinas *online*. O questionário 3, além das mesmas perguntas dos questionários 1 e 2, constou de uma avaliação e de uma autoavaliação da aprendizagem nas disciplinas *online* nos quesitos: apresentação do conteúdo da disciplina *online*, apreensão do conteúdo nas disciplinas *online*, disposição para buscar cursos *online* (pequena duração ou de formação continuada). No questionário 4 investigou-se, com

relação aos alunos egressos dos diferentes cursos da IES, a avaliação das disciplinas *online* da graduação (apenas no quesito de aprendizagem do conteúdo proposto), o ingresso (ou não) em curso *online* posterior à conclusão da graduação – e, em caso afirmativo, o curso de disciplinas *online* no Ensino Superior como prerrogativa para novas aprendizagens nessa modalidade.

2.3 Apresentações dos Dados Coletados

- Questionando os alunos do ciclo básico quanto ao uso do computador na ocasião do ingresso na Faculdade, obteve-se que 11% dos alunos investigados nunca haviam utilizado um computador antes de ingressar no Ensino Superior e 11% o utilizavam há menos de um ano. Dentre aqueles que responderam que utilizavam o computador – incluindo os alunos que afirmaram utilizá-lo a menos de um ano -, 60% o faziam apenas para acessar a internet e jogos. Este resultado indicia que as tecnologias digitais ainda não faziam parte do cotidiano do público atendido pela IES no ano de 2013.

- Fala-se, costumeiramente, em inclusão digital para referenciar aquela pessoa que sabe utilizar o computador para acessar a internet e utilizar os recursos que o computador oferece para redigir trabalhos, fazer pesquisas, enfim, utilizar o computador com domínio de suas ferramentas para melhorar suas condições de vida. Nesse aspecto, definiram-se como incluídos digitalmente 28% dos alunos do ciclo básico, 82% dos alunos do ciclo intermediário e 96% do ciclo profissionalizante. Os fatores relevantes para a apropriação das tecnologias digitais e do sentimento de inclusão apontados por esses discentes foram: as disciplinas virtuais - 50%, o uso constante do computador para pesquisas acadêmicas e comunicações diversas, incluso redes sociais - 32% e outros fatores - 18%.

- Na ocasião da pesquisa, as disciplinas na modalidade *online* já faziam parte da matriz curricular dos cursos da FACSAL desde o primeiro período. Para subsidiar os estudos *online*, no primeiro semestre de todos os cursos ofertados foi ministrada presencialmente a disciplina Informática. Sondados acerca das disciplinas virtuais, apenas 18% dos alunos do ciclo básico disseram concordar que algumas disciplinas

da graduação podem ou devem ser ministradas na modalidade a distância, e 64% declararam ter dificuldades significativas com essa modalidade de ensino, inclusive na utilização da plataforma, ainda que amparados pelos conteúdos relacionados na disciplina Informática. Já no nível intermediário o índice passou para 54% entre aqueles que afirmaram que algumas disciplinas poderiam ser ministradas a distância, embora 40 % ainda tenha reportado alguma dificuldade na dinâmica da aula ou na parte operacional da plataforma. Mantendo-se, no ciclo profissionalizante, em 54% para aqueles que concordaram com disciplinas ministradas a distância na graduação, caiu para 9% o número de alunos que continuaram a sentir embaraços para lidar com a dinâmica da aula ou com a plataforma para realização da EaD.

- Os alunos do ciclo intermediário e do ciclo profissionalizante avaliaram de maneira global a apresentação dos conteúdos na plataforma de Educação a Distância e se autoavaliaram quanto à apreensão dos conteúdos trabalhados, sendo os indicadores:

Quanto à apresentação do conteúdo:

- entre muito bom ou ótimo para 87% os alunos dos dois ciclos.

No quesito apreensão do conteúdo:

- O índice apresenta variação de pontos percentuais:

12% excelente; 59% suficiente, 22% razoável, 7% insuficiente (ciclo intermediário);

29% excelente; 54% suficiente, 10% razoável, 6% insuficiente (ciclo profissionalizante).

A formação continuada tem despontado como requisito fundamental para enfrentar com competência e qualidade as dificuldades de uma sociedade em que a informação emerge e se renova em velocidades nunca antes imaginadas. Assim, inquiriu-se sobre as possibilidades consideradas pelos alunos para uma especialização. Os dados obtidos foram de que 56 % dos alunos do ciclo intermediário afirmaram que buscariam uma especialização a distância e 79% dos alunos do ciclo profissionalizante disseram intentar fazer a especialização *online*. Para os índices apresentados por esses alunos para a não realização de uma especialização

presencial, foram alegados: o custo, em primeiro lugar, e a dificuldade de compatibilizar horários entre trabalho e estudo.

- Averiguou-se, junto aos concluintes dos diferentes cursos da FACSAL, entre os anos de 2009 a 2012, qual o percentual de alunos ingressou em cursos de pós-graduação e a modalidade escolhida. Os resultados obtidos foram:

57% não fizeram; destes, 30% afirmaram que fariam futuramente na modalidade presencial ou a distância, 23% somente fariam a distância e 4% somente fariam presencialmente.

20% fizeram especialização na modalidade presencial.

23% fizeram especialização na modalidade a distância.

Ressalta-se que não foi confirmado nenhum ingresso em programas *Stricto Sensu*. Os estudos para essa população seguem sendo penosos em termos de recursos financeiros e tempo disponível. Mesmo assim, 43% deram prosseguimento aos estudos, distribuídos de forma quase equitativa entre cursos presenciais e a distância.

3. CONCLUSÃO

A consciência dos desafios e das oportunidades da atualidade implica compreender que, na sociedade atual, a escola precisa garantir a implantação efetiva de ações que possam contribuir para a redução das disparidades em relação às oportunidades de formação, ao desenvolvimento de seus alunos e à sua inserção e circulação ampla numa sociedade identificada pelo uso generalizado das tecnologias digitais em todos os setores da vida: educação, trabalho, lazer, saúde, comunicações e relações sociais, cidadania, etc.

Dessa forma, é preciso assegurar o acesso à informação, às aplicações da tecnologia, ao possível ingresso nos diferentes setores de atividades econômicas pela via digital, criando situações de aprendizagem que estimulem e viabilizem o uso das novas tecnologias de informação e comunicação, introduzindo, assim, uma perspectiva de ascensão a novas oportunidades de estudo para o aluno e, destarte, de emprego e coesão social – além dos âmbitos da sociabilidade, da cultura e da

política mencionados acima. Como se pode verificar, em 2013, menos de uma década atrás, um número elevado de alunos, ao ingressar na faculdade, sequer sabia utilizar o computador ou fazia uso desse instrumento há mais de um ano, ficando a cargo da IES oferecer e promover seu uso.

Lembramos que a aquisição da cultura é determinada pela família e pelas trajetórias educativas e socializadoras [11]. Como denunciado, os sujeitos de origem social privilegiada terão certamente mais facilidade do que outros, pois já adquiriram parte do que se deve aprender junto ao grupo familiar, ao contrário daqueles cujas famílias não possuem a bagagem utilizada para apropriar-se dos ensinamentos escolares, identificar-se com eles e disseminá-los. Num contexto, como o que se presenciou de 2013 para cá, de ampliação de oportunidades de acesso ao Ensino Superior, uma das alternativas para combater a iniquidade nas condições de acesso ao sistema de ensino em uma sociedade hierarquizada e estruturada de acordo com os interesses dos grupos dominantes, a escola precisa trabalhar na educação daqueles que ainda hoje chegam ao Ensino Superior pouco instrumentalizados para atuar na sociedade da informação e do conhecimento. Nosso estudo evidencia que resultados positivos são encontrados, **quando condições institucionais os viabilizam.**

Os ganhos na sensação de pertencimento se fazem notar no quesito inclusão digital, subindo de 28% (alunos entrantes) para 96% (concluintes) o percentual de alunos que se sentiram incluídos, sendo que, destes, 50% atribuíram às disciplinas virtuais as circunstâncias de sua inserção - além disso, 79% dos concluintes se mostraram dispostos a prosseguir estudos na modalidade EaD, que se destacou para eles como alternativa para problemas de escassez de tempo – competindo com a jornada de trabalho e deslocamentos – e de recursos financeiros para custear a pós graduação, predominantemente feita em instituições privadas. Esses dados mostraram a contribuição da legislação para o processo de inserção digital, desde que asseguradas as condições para sua implementação com qualidade. No caso da instituição investigada, evidenciaram-se investimentos na seleção de professores com perfil para atuar nessa modalidade, além de seu acompanhamento durante o processo. Registre-se ainda a presença da infraestrutura física disponível e em funcionamento: laboratórios equipados com máquinas em número suficiente para o atendimento da comunidade acadêmica; recursos de rede adequados; Centro Virtual

de Ensino no próprio *campus*, aberto ao atendimento de professores e alunos todos os dias da semana; turmas com, no máximo, 60 alunos por docente.

Acredita-se que ofertar disciplinas a distância implica empreender esforços para estimular e viabilizar o trabalho com o computador e com as tecnologias digitais ao longo de um período relativamente dilatado, criando condições equitativas de acesso aos benefícios que elas geram e combatendo simultaneamente os fatores que conduzem a novas formas de exclusão do conhecimento: a info-exclusão. Assim, na instituição analisada e de acordo com a legislação que faculta que até 20% da carga horária global do curso seja ofertada a distância, as disciplinas perpassam vários períodos do curso. Isso permite inferir que, para fins de aculturação de neófitos no mundo digital, não adianta ofertar a EAD em um só semestre, os dados apontam para uma mudança paulatina de posturas e habilidades dos alunos. Tais dados ratificam nossa afirmativa anterior acerca da necessidade, com as mudanças sociais e tecnológicas, de tempo para desestruturação, adaptação, reestruturação e constituição de sentido.

Como pontuamos, a sociedade contemporânea apresenta outro cenário não somente para as pesquisas científicas, mas também para os sujeitos sociais, que se informam por hipertexto na Internet, se relacionam por redes sociais e virtuais, consomem e constituem-se como geradores de produtos e conhecimento [9].

Pelos dados obtidos nesta pesquisa pode-se observar que as estratégias didáticas *online* são paulatinamente absorvidas pelos alunos, caindo 55% pontos percentuais o nível de dificuldade entre o ingresso e os últimos períodos de curso da graduação. Nos dados apresentados, destaca-se que, apesar do conteúdo ser considerado adequado, é somente ao longo dos anos de graduação que os discentes vão apoderando-se das metodologias inerentes à modalidade de ensino a distância, desenvolvendo habilidades operacionais e competências para apropriarem-se dos conteúdos e das metodologias que perpassam a EaD.

O resultado encontrado corrobora com a suposição apontada nesta investigação de que o aluno, valendo-se da infraestrutura de uma IES no modelo presencial, já conhecido e familiar, e apoiado por um capital humano - equipe técnica, professores da modalidade presencial, colegas de turma, coordenação da EaD -, pelo qual ele transita frequentemente, esclarece dúvidas, questiona, confronta, vai

compreendendo gradativamente os dois espaços: presencial e virtual, em suas especificidades, incorporando, de maneira processual, a cultura digital.

Dando continuidade ao diálogo iniciado na introdução deste trabalho, fazem-se os seguintes registros: se o ofício de aluno pressupõe aprender conteúdo e atitudes, conhecimentos e habilidades, matérias e hábitos de estudos, tendo, por excelência, razão de ser no favorecimento e/ou na consolidação da aprendizagem, para além do tempo do curso de graduação, a instituição de ensino precisa comprometer-se com o aluno, não apenas para melhorar a sua eficiência cognitiva quanto aos conteúdos elencados no Ensino Superior, mas fundamentalmente para que o futuro profissional amplie o espectro de alicerces que suportem a continuidade de sua formação. Para tal, é preciso oferecer subsídios para que o aluno possa dar seguimento à sua trajetória escolar, neste âmbito as tecnologias de informação e conhecimento têm merecido lugar de destaque na sociedade atual. A aculturação digital tem mostrado iminente potencial de formação, mas requer transformações do papel dos alunos que precisam, para isso, desenvolver técnicas, práticas, atitudes, modos de pensamento no ciberespaço, encontrar sentidos, adquiridos de maneira gradativa e articulada para conseguirem êxitos.

[...] na aula manipula-se sobretudo sentido: se este se constrói, nem que seja provisória ou parcialmente, a aprendizagem torna-se possível; se não, perpetua-se a comédia do saber! [12].

Confirmou-se, pois, nesta pesquisa, que a legislação reguladora da EaD no Brasil, ao sancionar a introdução de disciplinas no modo semipresencial em até 20% da carga horária total nos cursos superiores, abriu perspectivas e assegurou novas possibilidades de aprendizagem para os discentes aqui investigados, uma vez que estes contaram com uma estruturação da EaD na instituição em que estavam vinculados - professores, apoio pedagógico e tecnológico, infraestrutura informacional - que permitiu tais avanços. Assim, confirma-se que a EaD pode promover, efetivamente, uma educação formadora quando critérios imprescindíveis para um ensino mediado por tecnologias digitais são adotados.

Ressalta-se, porém, que os resultados aqui apresentados dizem do cenário específico, encontrado em uma IES em 2013 e que, de maneira alguma, os levantamentos devem camuflar a situação de precariedade reportada por docentes e discentes na implementação da modalidade EaD em diferentes instituições de Ensino Superior dessa época para cá.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, 20 de dezembro de 1996, 185º da Independência e 108º da República.
- [2] BRASIL. Portaria nº 2.253/2001, 18 de outubro de 2001. **Diário Oficial da União**, 19 de outubro de 2001, Seção 1, páginas 18 e 19. *Revogada pela PORTARIA Nº 4.059, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2004.*
- [3] BRASIL. Portaria nº 4.059, de 10 de dezembro de 2004. **Diário Oficial da União**, 13 de dezembro de 2004, Seção 1, página 34. *Revogada pela PORTARIA nº 1.134, DE 10 DE OUTUBRO DE 2016.*
- [4] BRASIL. Decreto nº **5.622, de 19 de dezembro de 2005**. **Diário Oficial da União**, 20 de dezembro de 2005. *Revogado pelo Decreto nº 9.057, de 2017.*
- [5] BRASIL. Portaria Nº 1.134, DE 10 DE OUTUBRO DE 2016. **Diário Oficial da União**, 11 de outubro de 2016. Seção 1, página 21.
- [6] BRASIL. IBGE. **Censo Demográfico 2011**. Disponível em: <http://www.censo2011.ibge.gov.br/>
- [7] BRASIL. INEP. **Censo da Educação Superior 2011**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/superior-censosuperior>
- [8] BRASIL. INEP. **Censo da Educação Superior 2019**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/superior-censosuperior>.
- [9] BRUNO, Adriana Rocha. Ações formativas para educação *online* no Ensino Superior: a didática *online* e a aprendizagem do adulto em perspectiva. In: Yoshie Ussami Ferrari Leite, Alda Junqueira Marin, Selma Garrido Pimenta, Marineide de Oliveira Gomes, Aline Maria de Medeiros Rodrigues Reali. (Org.). **Políticas de formação inicial e continuada de professores** (E-BOOK). 1ed. Araraquara-SP: Junqueira&Marin Editores, 2012, v. 2, p. 1-23.
- [10] BRUNO, Adriana Rocha. Aprendizagem Plástica e Integradora: contribuições da neurociência e sua articulação com os processos de aprendizagem em ambientes virtuais. Número 3, janeiro-junho 2010. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**. Disponível em http://www.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/pdf/teccogs_n3_2010_03_artigo_BRUNO.pdf. 19 p.
- [11] BOURDIEU, Pierre. **Questões de Sociologia**. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1983.
- [12] CHARLOT, Bernard. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- [13] FACSAL. **Pesquisa Institucional 2012**. Disponível em: <http://www.facsal.br/portal/cursos/Pesquisa%202012.pdf>
- [14] LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico**. 7. ed. São Paulo:Atlas, 2011

[15] PERRENOUD, P. **Ofício de aluno e sentido do trabalho escolar**. Porto: Porto Editora, 1995.

[16] WILLEMS, Emilio **A aculturação dos alemães no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1980, p. 21

CAPÍTULO 18

UMA PROPOSTA PARA O MONITORAMENTO E CONTROLE INTELIGENTE DE TRÁFEGO URBANO

Gilberto Nakamiti

CEATEC – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Universidade Paulista, Campinas SP - Brasil
E-mail: gnakamiti@gmail.com

Fábio Pessoa de Sá

Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, SP - Brasil
E-mail: fabio@fatecpg.edu.br

José Henrique Ventura

Universidade Paulista, Campinas SP - Brasil
E-mail: josehenriqueventura@hotmail.com

Vinícius Eduardo S. da Silva

Universidade Paulista, Campinas SP - Brasil
E-mail: viniciuspontocom@gmail.com

Resumo: Esse artigo descreve um sistema de controle de tráfego urbano que visa contribuir para um gerenciamento de tráfego mais eficiente. São utilizados teoria dos conjuntos nebulosos, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos para lidar com as situações dinâmicas e imprevisíveis do tráfego urbano.

Palavras-chave: Inteligência artificial distribuída; Sistemas adaptativos; Sistemas tempo-real; Controle de tráfego urbano; Cidades inteligentes

Abstract: This paper describes an urban traffic control system which aims at contributing to achieve more efficient traffic management. It includes fuzzy sets, case-based reasoning, and genetic algorithms to handle dynamic and unpredictable traffic scenarios.

Keywords: Distributed artificial intelligence; Adaptive systems; Real-time systems; Urban traffic control; Intelligent cities.

1. INTRODUÇÃO

O problema do controle de tráfego urbano é essencial para o gerenciamento das cidades e as vidas de seus cidadãos. Com o crescimento contínuo das frotas de veículos, o problema agrava-se particularmente nas grandes cidades.

Dentre as características desejadas para sistemas de controle de tráfego urbano estão sua adaptabilidade a diferentes condições de tráfego, poder de reação a eventos, respostas eficazes e rápidas, confiabilidade e tolerância a falhas, dentre outras.

Este trabalho descreve um sistema de controle de tráfego urbano que envolve teoria dos conjuntos nebulosos, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos, estendendo uma primeira versão desenvolvida anteriormente pelo primeiro autor. As diversas técnicas empregadas visam contribuir para atingir algumas das características desejadas para este tipo de aplicação. O projeto atual foi parte do programa “Cidades Inteligentes”, financiado pela FINEP e que contou com trabalhos de várias universidades brasileiras.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Vários trabalhos têm tratado do problema de controle inteligente de tráfego, considerando a comunicação entre os nós ou as estratégias de tomada de decisão. Em (Katiyar 2011) e em (Lee 2010), por exemplo, os nós comunicam entre si, auto-organizam-se e reagem a eventos utilizando uma infraestrutura de redes de sensores sem fio. A predição de fluxo de tráfego é tratada em trabalhos como em (Pang 2008), que utiliza uma rede neuro-fuzzy para obter maior precisão na predição de fluxo de tráfego em séries de tempo caóticas. Um ambiente de supervisão é apresentado em (Bouamrane, 2005) para identificar distúrbios e avaliar ações corretivas no sistema de tráfego.

3. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE TRÂNSITO

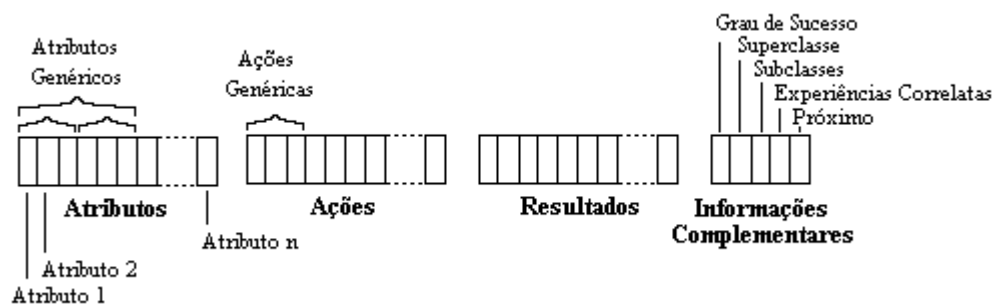
O sistema de controle de tráfego é composto por agentes controladores localizados em cada cruzamento onde há semáforos. Esses agentes são

responsáveis por coletar informações vindas de sensores (fluxo de tráfego e filas de veículos) e estabelecer uma política local para controlar os semáforos. Além disso, eles são capazes de se comunicar com os agentes vizinhos e com um agente supervisor.

Cada agente raciocina sobre as condições do trânsito, analisando variáveis como o fluxo de veículos, filas de veículos, e tempos de espera. Condições locais são mais relevantes do que condições mais remotas, e o agente supervisor deverá interferir na política de controle.

Condições usuais de trânsito são modeladas através de regras da teoria dos conjuntos nebulosos. Essas regras são usadas para treinar os agentes de modo a prepará-los para lidar com cenários mais complexos. Quando um agente precisa ser reiniciado, as regras nebulosas podem ser empregadas para que um agente possa tomar uma decisão razoável. Um exemplo detalhado dessa estratégia nebulosa é mostrado em Nakamiti, 2002.

Figura 1: A estrutura de um caso



Fonte: Os autores

Como é virtualmente impossível modelar todas as situações de trânsito possíveis, incluindo interações entre cruzamentos locais e remotos, é necessária uma estratégia mais abrangente, adaptativa e flexível.

Dessa maneira, os agentes também implementam uma solução híbrida genética- baseada em casos. Os casos são representados como uma série de *slots* (genes), divididos em três seções: uma seção de atributos utilizada para representar e caracterizar o caso, uma seção de ações utilizada para lembrar as ações de controle adotadas na situação em questão, e uma seção de resultados com informações relacionadas ao desempenho obtido com as ações descritas (ver Figura 1). Cada *slot* na seção de atributos representa uma variável de trânsito em especial, como fluxo do

tráfego, número de veículos na fila e tempo de espera (local e remoto). Os *slots* de ação representam a estratégia de controle escolhida, como o tempo adotado para que o semáforo permaneça verde ou vermelho naquela situação. Os *slots* de resultados guardam informações sobre se ocorreu ou não variação, em relação a tamanhos de filas e tempo de espera.

A aplicação de regras nebulosas gera a base de casos inicial. Após isso a situação do trânsito é continuamente identificada, baseada nas variáveis citadas e é usada para obter um subconjunto dos casos armazenados, baseado nas características de similaridade e desempenho (geração zero). Essa geração será combinada através de algoritmos genéticos. Na primeira versão do sistema, este processo ocorreu somente uma vez por ciclo de semáforos. Mesmo sendo possível obter bons resultados utilizando esse sistema, somente uma geração de casos de semáforos era obtida em cada ciclo. Agora estamos investigando as melhorias no desempenho com uma simulação em *background*, ou seja, estamos criando uma segunda camada de simulação. Casos genéticos serão produzidos e testados na segunda camada até que o sistema atinja um tempo limite e tenha que tomar uma decisão de controle. Nesse momento, o sistema irá escolher o melhor caso produzindo pela *thread* executada em *background* para utilizar no sistema de simulação. Esperamos que essa abordagem propicie um comportamento mais eficiente e adaptativo.

As ações descritas no caso selecionado são tomadas, e o sistema armazena os resultados. Os resultados incluem o aumento, a estabilidade, ou a redução das filas de veículos e tempo de espera.

4. SUPERVISOR

Além dos agentes controladores, o sistema inclui um agente supervisor. O supervisor fica localizado no departamento de trânsito da cidade. Algumas funcionalidades implementadas pelo agente supervisor também foram implementadas pelos agentes controladores, especialmente por questões de tolerância a falhas e outros problemas relacionados a sistemas distribuídos.

O supervisor também inclui regras nebulosas para detectar situações anormais de tráfego, e também bons resultados obtidos pelos agentes controladores.

Dependendo da situação, o próprio supervisor tenta resolver os problemas de trânsito, ou até mesmo informa um operador de trânsito humano, que irá ter acesso contínuo à situação atual do trânsito através de uma interface de controle.

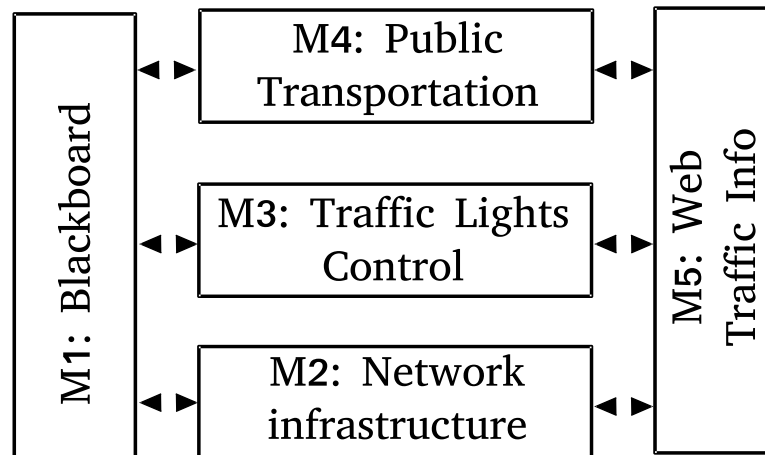
O agente supervisor armazena os casos genéticos recebidos dos agentes de controle, de modo que os melhores casos poderão ser usados por agentes similares em situações similares. É também capaz de forçar uma política de controle, quando as estratégias adotadas pelos agentes de controle não estiverem sendo eficazes ou não forem desejadas. Obviamente, essa funcionalidade poderá também ser utilizada em casos de emergência.

5. O PROJETO SIMTUR

O Projeto SIMTUR, ilustrado pela Figura 2, inclui um Sistema de Informação Inteligente em Transporte Público (M4), responsável por fornecer informações como a de ônibus públicos e informações de trânsito ao público em geral por meio de equipamentos móveis. Um Sistema de Informação de Tráfego da Web (M5) também fornecerá essas informações, e os cidadãos poderão contribuir, alimentando o sistema com novos dados.

Para uma comunicação robusta e segura, uma série de tecnologias, como Zigbee (IEEE 802.15.4) e Redes Veiculares Ad Hoc estão sendo implementadas (M2). Esses módulos se comunicarão por meio de um sistema de quadro negro de duas camadas (M1), composto por uma camada de banco de dados relacional e uma camada de interface de alto nível.

Figura 2: Arquitetura SIMTUR



Fonte: Os autores

O Sistema de Controle de Semáforos (M3) inclui agentes controladores inteligentes, que controlam os semáforos. As estratégias de controle, que são o núcleo do sistema, serão apresentadas a seguir.

6. AGENTES DE CONTROLE DE TRÁFEGO

O sistema de controle de tráfego é composto por agentes controladores localizados em cada cruzamento com semáforos e um agente supervisor localizado na Secretaria Municipal de Trânsito.

Cada agente controlador raciocina sobre as condições de tráfego local e remoto, analisando variáveis como fluxo de tráfego, filas de veículos e tempos de espera.

As informações de tráfego são coletadas de sensores instalados no solo para contar os eixos dos veículos que passam nas interseções.

Como os sensores medem o fluxo de tráfego e as filas de veículos, suas informações não são absolutamente precisas. Cada cruzamento possui padrões de tráfego que indicam qual porcentagem de veículos segue em frente, vira à esquerda ou à direita, por exemplo. Dessa forma, é possível estabelecer modelos de quantos veículos entram em cada bloco (cada dois eixos indica um veículo padrão). As informações de tráfego são enviadas aos agentes vizinhos e ao agente supervisor para que eles possam estabelecer um modelo razoável do status do sistema. Os agentes controladores tratam desse tipo de informação incerta, incompleta,

desatualizada e / ou inconsistente devido a perdas de mensagens e outros fatores, por exemplo.

Como o agente supervisor troca informações com todos os agentes controladores, ele desempenha uma função mais central e tem uma visão mais completa e detalhada do sistema. Pode monitorar a situação do sistema de tráfego, ajudando os agentes controladores a tomarem melhores decisões (ou seja, decisões que melhoram os resultados quanto ao número de veículos em fila nos cruzamentos, por exemplo). Além disso, o agente supervisor oferece uma interface para controladores de tráfego humanos para alterar as estratégias de controle de tráfego em tempo real, do Departamento de Tráfego da Cidade no pior cenário.

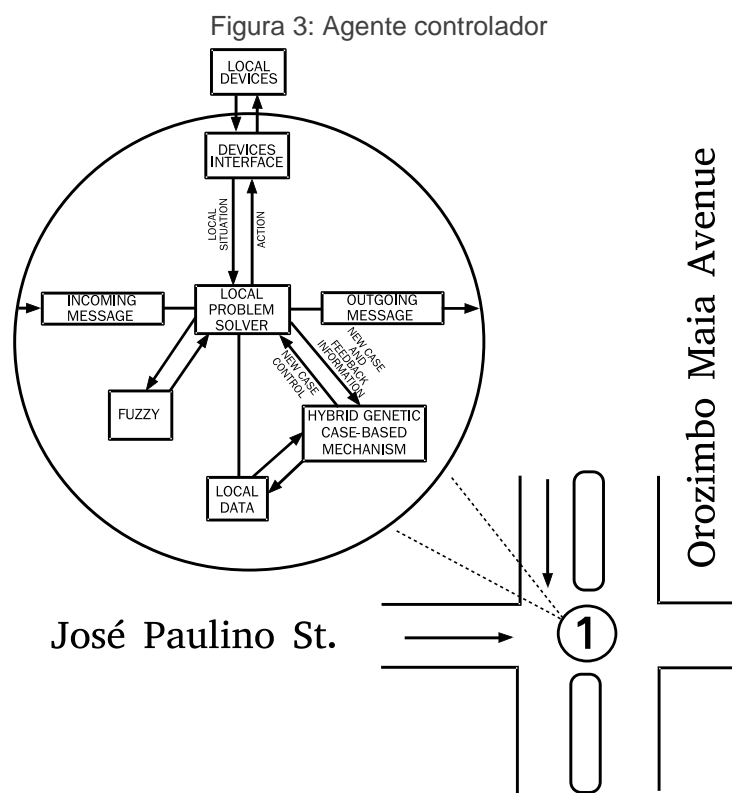
A estratégia geral usada pelos agentes inclui conjuntos difusos, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos. As condições usuais de tráfego são modeladas como regras de produção difusas, utilizadas para treinar os agentes na inicialização do sistema ou após falhas. A partir da aplicação das decisões produzidas pelas regras fuzzy, é gerada uma base de caso inicial.

A base de caso armazena experiências passadas (uma memória de casos de sucesso e falha) em estruturas de dados divididas em três partes: uma parte de atributos, uma parte de ações e uma parte de resultados. A parte de atributos possui uma série de slots, que descrevem as características do caso, como horário, local, tamanho das filas e outras condições de ocorrência. A parte de ações contém slots de informações sobre as decisões associadas para manter, aumentar ou diminuir os tempos verdes e vermelhos dos semáforos. A parte de resultados armazena informações sobre o desempenho associado às decisões tomadas, permitindo que o sistema de auto-adaptação analise suas estratégias atuais e faça alterações para melhorar o desempenho geral, aplicando uma estratégia diferente para reduzir o tamanho da fila ou tempos de espera.

Depois que a base de caso foi inicializada, o mecanismo baseado em caso genético torna-se responsável por tomar as decisões de controle, conforme descrito posteriormente.

7. AGENTES CONTROLADORES

Os agentes controladores são cognitivos e cada um possui dois mecanismos de tomada de decisão: o Local Problem Solver (LPS) e um híbrido Genetic Case-Based Mechanism (GCBM), que permitem que os agentes trabalhem de forma independente; além disso, seu principal objetivo é ser reativo e trocar informações com outros agentes para melhorar as condições de tráfego. O LPS é responsável por coletar dados dos sensores localizados nos cruzamentos e trocar mensagens com os agentes vizinhos e supervisores. Dessa forma, os agentes podem receber as informações, processá-las e compartilhá-las com os demais agentes. Também é responsável por chamar as regras Fuzzy na inicialização do sistema e as funções GCBM. A Figura 3 ilustra a estrutura do agente controlador.



Fonte: Os autores

A estratégia de controle inclui conjuntos fuzzy e um mecanismo genético híbrido baseado em casos. As condições usuais de tráfego são modeladas como regras de produção fuzzy, que são utilizadas para treinar os agentes como um processo inicial ou após falhas. A aplicação dessas regras gera uma base de caso inicial, que será utilizada pelo mecanismo híbrido.

A base de caso armazena experiências anteriores e funciona como uma memória de casos de sucesso e de falha em diferentes cenários de tráfego. Cada caso é armazenado como uma estrutura de dados composta por três partes: uma parte de atributos, uma parte de ações e uma parte de resultados.

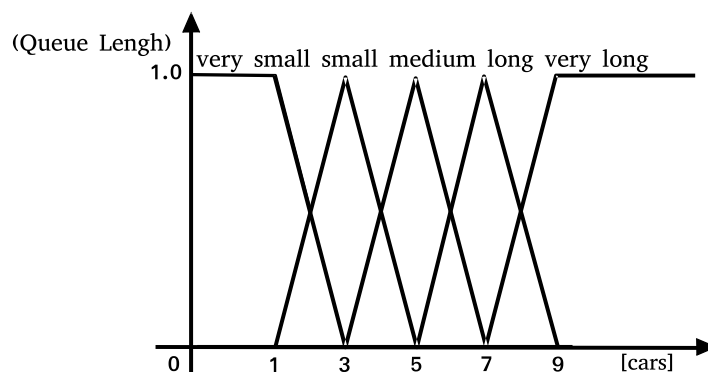
A seguir, a estrutura e o funcionamento dessas estratégias de controle serão descritos.

8. TREINAMENTO FUZZY

Quando os agentes controladores são inicializados ou após falhas, o Solucionador de Problemas Local adota um conjunto de regras de produção fuzzy (Tabela 1), que modela algumas interações básicas no contexto de um controlador de tráfego urbano. Para isso, ele lida com diferentes variáveis linguísticas, como comprimentos de fila (Figura 3), chegadas de carros (Figura 4), tempos de espera (Figura 5) e extensão de tempo verde ou vermelha (Figura 6). Para obter os resultados mostrados nas Figuras 3, 4 e 5 e para converter o valor incerto em um conjunto fuzzy, é necessária uma fórmula triangular (Figura 7).

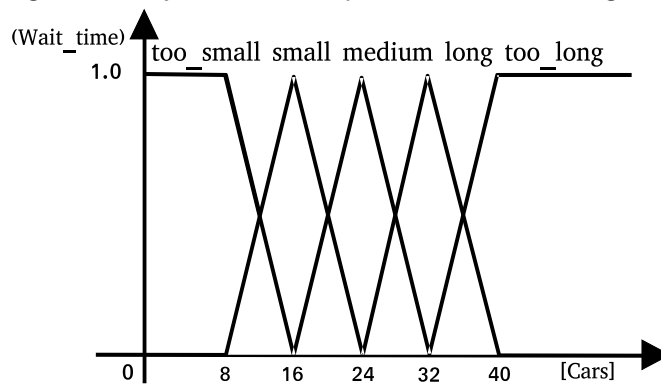
A variável linguística *Extensão* é responsável por determinar o tempo que cada semáforo utiliza o conjunto de valores da *Fila* como entrada, e que será combinado com as regras de produção (Tabela 1). Com esses valores é possível identificar o conjunto fuzzy e converter os resultados fuzzy em resultados numéricos, sendo esta defuzzificação obtida pelo método do centro da área.

Figura 4: Conjuntos difusos que descrevem o comprimento da fila



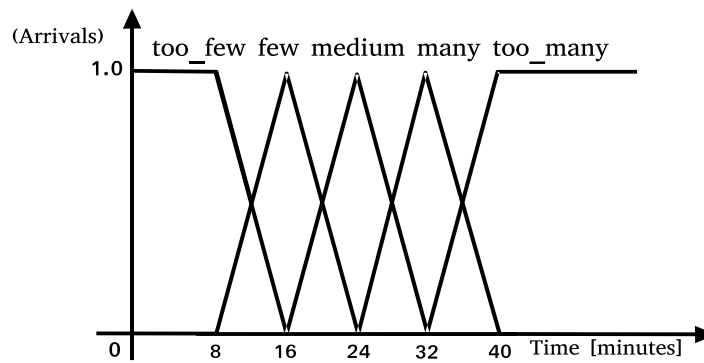
Fonte: Os autores

Figura 5: Conjuntos difusos que descrevem as chegadas



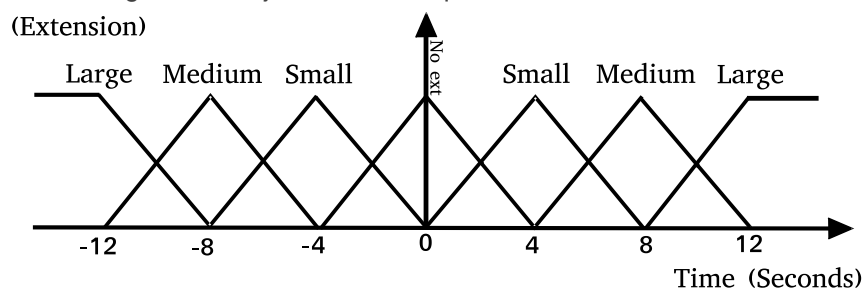
Fonte: Os autores

Figura 6: Conjuntos difusos que descrevem o tempo de espera



Fonte: Os autores

Figura 7: Conjuntos difusos que descrevem a extensão



Fonte: Os autores

A Tabela 1 ilustra uma amostra das regras de controle fuzzy empregadas pelo solucionador de problemas local, de forma simplificada. Mostra as extensões de tempo verde para uma fila local média e a chegada de alguns carros, em uma avenida, durante o período de pico. Dessa forma, se a fila lateral for pequena e a fila do próximo cruzamento for média, a decisão a ser tomada no semáforo local é aplicar um pequeno aumento no tempo de verde. Um total de 200 regras são realmente usadas pelo solucionador de problemas local.

Tabela 1: Amostra de regras de controle para o LPS

Lateral Queue Next Int. Queue	Too small	<u>Small</u>	Medium	Long	Too long
Too small	Medium	Small	No_ext	Small_neg	Medium_neg
Small	Medium	Small	No_ext	Small_neg	Medium_neg
<u>Medium</u>	Small	<u>Small</u>	No_ext	Small_neg	Medium_neg
Long	Small	No_ext	No_ext	Small_neg	Medium_neg
Too long	No_ext	No_ext	Small_neg	Medium_neg	Large_neg

Fonte: Os autores

As regras fuzzy são utilizadas durante um período de treinamento para produzir um conjunto de casos com atributos, ações e resultados. As situações de trânsito são divididas em várias categorias quanto aos horários de ocorrência, dias da semana, eventos especiais etc. Em cada categoria, o LPS espera produzir pelo menos 50 casos usando as regras fuzzy. Após o período de treinamento para cada categoria, as decisões são tomadas usando a abordagem baseada em casos genéticos.

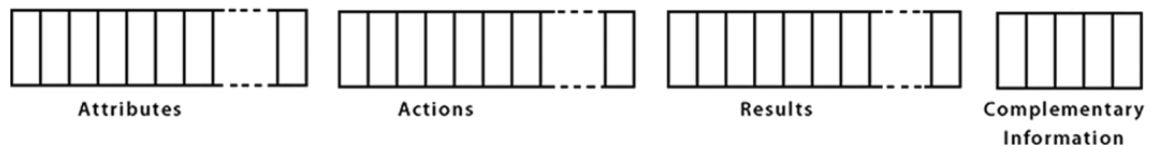
8.1 Controle Genético híbrido Baseado em Caso (GCBM)

Nessa abordagem híbrida, os casos são recuperados da base de casos com base em seus atributos. Conforme mencionado anteriormente, cada caso é armazenado como uma estrutura de dados composta por três partes: uma parte de atributos, uma parte de ações e uma parte de resultados, conforme ilustrado na Figura 8. A parte de atributos consiste em uma série de slots (ou genes) que descrever as características dos casos, como tempo, local, duração da fila e tempo de espera. A parte de ações contém informações sobre as decisões tomadas, como manter, aumentar ou diminuir os tempos de verde ou vermelho em diferentes semáforos. A parte de resultados armazena informações sobre o desempenho obtido pela decisão descrita naquele cenário, em particular, no que diz respeito a comprimentos de filas e variações de tempos de espera.

Em comparação com a situação atual (também descrita como uma série de valores de slots relativos à situação de tráfego atual), os casos mais semelhantes e bem-sucedidos são recuperados da base de caso. Esses casos constituem a primeira geração de casos a serem usados pelo algoritmo genético. Eles serão combinados usando estratégias genéticas clássicas, incluindo técnicas de *crossing-over* e mutação

para buscar uma boa decisão a ser tomada na situação atual, estratégias genéticas clássicas, incluindo técnicas de *crossing-over* e mutação para buscar uma boa decisão a ser tomada na situação atual.

Figura 8: A estrutura de um caso

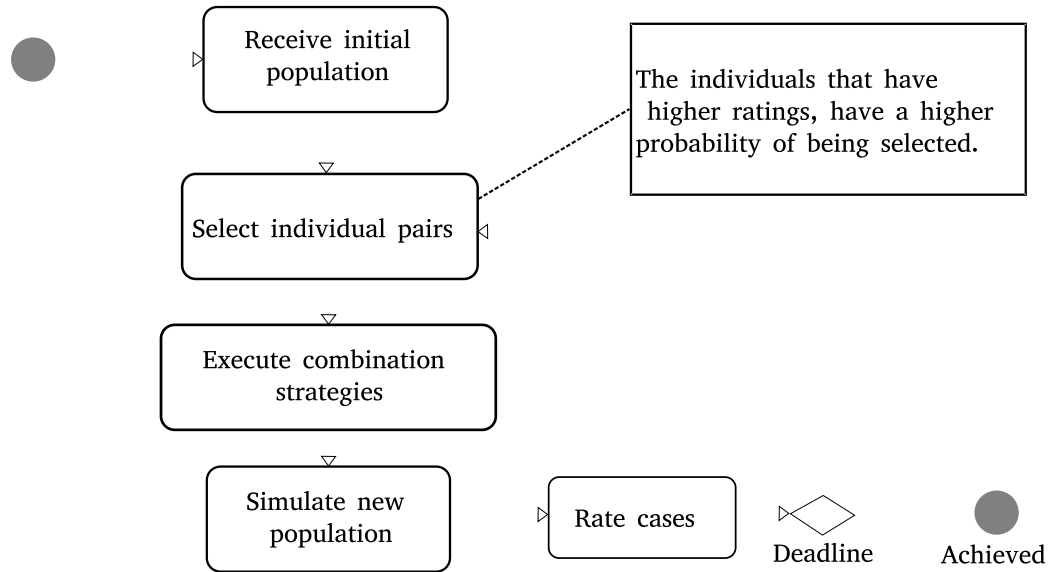


Fonte: Os autores

O GCBM fornece uma estrutura na qual os casos atuais e os melhores e mais semelhantes são recuperados, e suas ações são combinadas usando um algoritmo genético ilustrado pela Figura 9. Os casos são selecionados para combinação com base em uma função de aptidão, obtida por meio de uma mediana ponderada função que usa as informações da parte dos resultados. A probabilidade de os casos gerarem descendentes é proporcional a esse valor, de modo que os indivíduos mais adequados são os mais propensos a se reproduzir. Como alguns valores ou combinações de valores podem estar ausentes conforme as combinações prosseguem, os valores das ações, ou ações genéricas, podem mudar aleatoriamente com (relativamente) baixa probabilidade (por exemplo, 0,04), dependendo da estratégia de combinação empregada. Isso corresponde à operação de mutação no contexto do GCBM. Depois que as ações do melhor caso (aquele com maior valor de aptidão) são aplicadas, seus resultados são observados para preencher a parte de resultados do caso.

O gerenciamento da base de casos ocorre sempre que novos casos são gerados. Casos antigos com baixo grau de sucesso são removidos, enquanto aqueles com alto grau de sucesso são mantidos. Isso mantém o case-base dentro de um tamanho administrável, questão importante para garantir a busca rápida da árvore, a estrutura escolhida para armazenar as informações. Mais detalhes sobre o Mecanismo Baseado em Casos também podem ser obtidos em (Nakamiti, 2002).

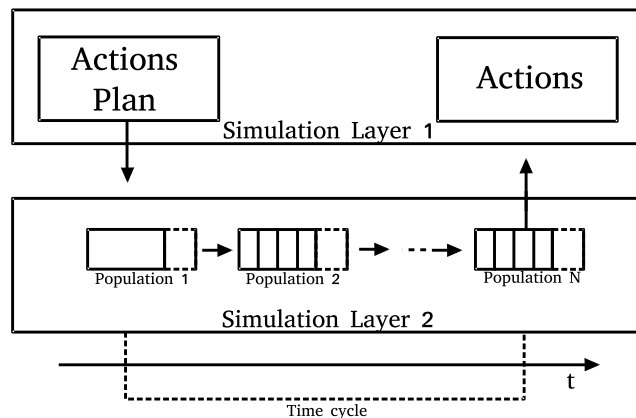
Figura 9: Algoritmo genérico proposto



Fonte: Os autores

Estamos agora introduzindo uma segunda camada de simulação para aproveitar as velocidades atuais dos processadores, ilustrada pela Figura 10. Como cada decisão de tráfego que diz respeito à alteração ou não dos tempos de verde e vermelho dos semáforos deve ser tomada a cada dezenas de segundos, podemos processar muito mais informações em vez de simplesmente analisar as regras difusas. Se o ciclo de um semáforo vai durar 30 segundos, por exemplo, podemos usar este período para produzir, combinar e testar várias gerações de casos até que tenhamos que tomar uma nova decisão de controle. As decisões de cada caso produzido são testadas em uma *thread* separada, que implementa o mesmo algoritmo de simulação do sistema principal. Os resultados obtidos por esta instância do sistema são utilizados como medida de adequação, pois permite visualizar o cenário de tráfego obtido se a decisão foi realmente tomada. Quando o sistema precisa tomar uma nova decisão, ele escolhe a melhor decisão obtida durante todo o processo.

Figura 10: Simulação em dois níveis



Fonte: Os autores

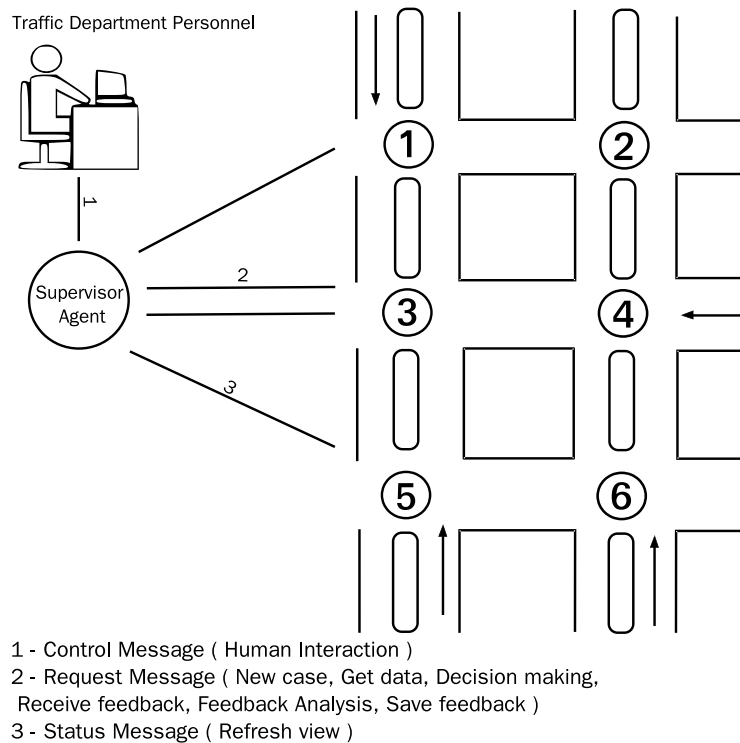
9. O AGENTE SUPERVISOR

O agente supervisor se comunica com os agentes controladores por meio de mensagens que podem ser de três tipos: dados, controle e requisição (Figura 11). As mensagens de dados são utilizadas para informar o status do agente atual; as mensagens de requisição são utilizadas quando um agente necessita solicitar alguma assistência, que será prestada pelo agente supervisor; e as mensagens de controle são utilizadas apenas pelo agente supervisor quando ele precisa interferir na política de controle dos agentes para corrigir ou implementar um caso específico, pelo fato de o agente supervisor ter uma visão mais ampla de todo o sistema.

Essa visualização pode ser construída usando as mensagens de dados que são recebidas dos agentes controladores. Dessa forma, é possível detectar situações críticas que podem impactar o fluxo de veículos na área monitorada, gerar relatórios em tempo real a partir dos dados de tráfego atuais, realizar análises de dados e propor novas estratégias de planejamento e tomada de decisão aos agentes, contribuindo para um sistema mais robusto e adaptável.

O processo de armazenamento do que os agentes consideram um caso relevante começa quando os agentes enviam seus melhores casos ao agente supervisor para serem armazenados em um banco de dados local. Os critérios para escolher os melhores casos e enviá-los ao agente supervisor se baseiam em como as ações contidas naquele caso contribuíram para uma melhoria considerável do tráfego no cenário atual.

Figura 11: Agentes Supervisor-Controladores de Interação



Fonte: Os autores

A ideia principal é ter uma base de casos com as melhores ações nas mais diversas situações, permitindo ao supervisor ajudar os agentes a partir de experiências anteriores de outro ou do mesmo agente. Esse processo de ajuda consiste em um processo de seleção de caso com base nas semelhanças dos atributos do ambiente atual enviados pelo agente que faz a solicitação e nos atributos de um caso que está armazenado no banco de dados local. As funções de similaridade usadas no sistema são baseadas nos valores dos atributos e são descritas com mais detalhes em (Nakamiti, 2002). Para que o agente supervisor possa auxiliar os agentes, ele precisa ter um mecanismo de tomada de decisão que seja capaz de analisar semelhanças, para que este mecanismo seja capaz de determinar o melhor caso (mais semelhante e com melhor desempenho) entre todos os outros no banco de dados, para serem aplicados no cenário determinado. Somente depois que esse processo de seleção é feito e o melhor caso é encontrado, o melhor caso é então enviado ao agente.

Uma vez que o agente recebe o caso, ele pode usar os dados de ações contidos no caso recebido para tomar uma decisão e tentar melhorar o cenário de

tráfego atual. O agente fará isso aplicando essas ações no próximo ciclo, enquanto coleta informações que serão utilizadas para comparar os resultados atuais com os anteriores, permitindo identificar o quão bom ou ruim foi um determinado caso para um determinado cenário.

O agente solicitante, após aplicar as ações e comparar os resultados, deve enviar um feedback ao supervisor, o qual deve conter informações suficientes, para que o agente supervisor possa reclassificar o caso enviado ao agente de acordo com os resultados obtidos, e realizar uma recomendação melhor no futuro.

Uma funcionalidade adicional presente no agente supervisor é uma interface de controlador, que está disponível em caso de emergências ou casos específicos que podem exigir intervenção humana. Isso pode incluir acidentes de trânsito, desastres naturais, protestos, aumento anormal e inesperado do número de veículos e outros eventos. Isso permite que os controladores humanos monitorem a área em tempo real e, caso sejam detectadas anomalias, enviem mensagens aos agentes por meio do agente supervisor. Isso elimina, em certa medida, a necessidade de enviar pessoal humano para a área problemática.

As mensagens de controle podem ser enviadas para um determinado agente ou para vários agentes, e são prontamente executadas, o que significa que no momento em que um agente recebe a mensagem de controle, as ações contidas nessa mensagem serão executadas no seu próximo ciclo. Isso possibilita tarefas como reiniciar ou zerar os semáforos, tão simples quanto é feito hoje em caso de emergências ou desastres naturais.

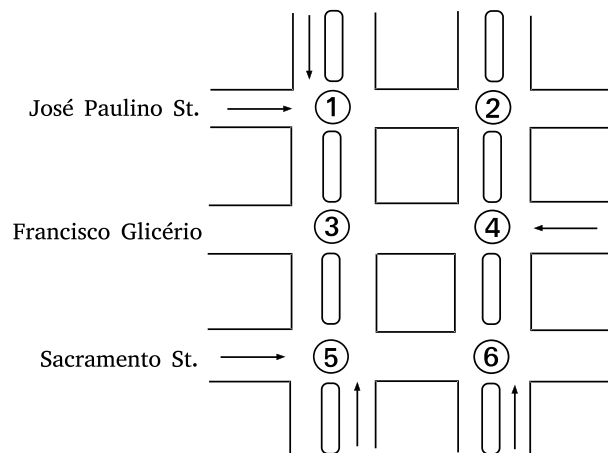
10. RESULTADOS PRELIMINARES

Os testes utilizados para a coleta desses resultados foram baseados em dados reais do centro de Campinas - SP - Brasil, coletados às terças e quintas-feiras, entre 18h30 e 19h30, no horário do rush da tarde. A Figura 12 ilustra a parte da cidade usada nas simulações. Para fins de comparação, três estratégias estão sendo utilizadas durante as simulações: a SIMTUR, que é apresentada neste artigo, uma estratégia simultânea e uma estratégia progressiva. Na estratégia simultânea, semáforos consecutivos em uma rota representam a mesma fase (verde, vermelho ou amarelo) ao mesmo tempo. Na estratégia progressiva, semáforos consecutivos

apresentam a mesma fase após um retardo de tempo para induzir a chamada “onda verde”, onde os veículos podem percorrer distâncias maiores sem parar.

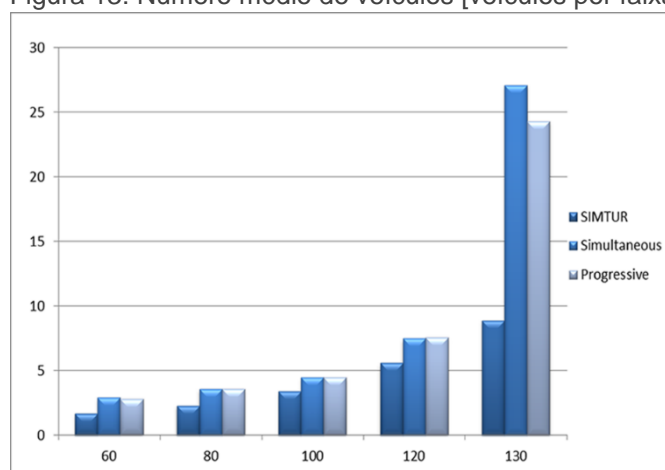
As três estratégias foram testadas com 60%, 80%, 100%, 120% e 130% do fluxo de tráfego medido (no período de pico da tarde). A Figura 13 mostra os resultados obtidos em relação ao número médio de veículos na fila por faixa no final da fase vermelha. Com o fluxo de tráfego medido (100%), por exemplo, a primeira versão apresentou 3,4 veículos contra 4,5 veículos das estratégias convencionais. É importante notar que os resultados usando o fluxo de tráfego da hora do rush (100%) e a estratégia progressiva podem ser comparados com dados reais, uma vez que os semáforos reais implementaram esta estratégia e usamos os fluxos de tráfego reais. A Figura 14 mostra os tempos médios de espera, em segundos, e novamente, com o fluxo de tráfego medido, o SIMTUR apresentou 13,2 segundos contra mais de 23 segundos nas demais estratégias.

Figura 12: Layout of the simulated section
Orozimbo Maia Avenue



Fonte: Os autores

Figura 13: Número médio de veículos [veículos por faixa]

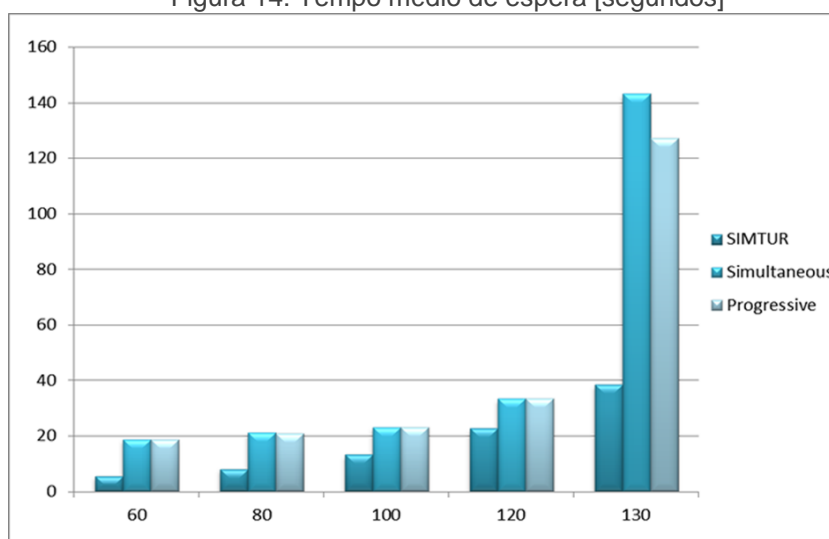


Fonte: Os autores

Aumentos (e diminuições) no fluxo de tráfego medido também foram usados para antecipar possíveis cenários de tráfego com a frota crescente de veículos, apenas para fins de comparação, e para limitar os testes das estratégias convencionais (a estratégia simultânea é a estratégia atualmente em uso).

Por exemplo, quando testamos os sistemas aumentando 30% no fluxo de tráfego de pico atual, o SIMTUR apresentou 8,9 veículos por pista e 38,4 segundos em tempos de espera em cada semáforo. As outras estratégias levariam a cidade a uma situação caótica. Considerando o rápido crescimento do número de veículos nas ruas do Brasil, o desenvolvimento de sistemas com comportamento eficiente e adaptativo parece crucial.

Figura 14: Tempo médio de espera [segundos]



Fonte: Os autores

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou um sistema de controle de tráfego baseado em agente, composto por dois tipos de agentes que incluem conjuntos difusos, raciocínio baseado em casos e construções de algoritmos genéticos para lidar com esta aplicação relevante, porém complexa. Os agentes lidam com informações incertas e reutilizam esforço computacional, enquanto usam intervalos ociosos do processador para desenvolver gerações de casos em uma segunda camada de simulação.

O sistema foi testado com dados reais de uma grande cidade brasileira, apresentando resultados promissores.

No entanto, muitas questões relativas à estratégia de controle, tolerância a falhas, segurança e disponibilidade, entre outras, estão sendo conduzidas. Atualmente, estamos implementando estratégias de migração para identificar e reutilizar casos de sucesso em cruzamentos de tráfego e situações semelhantes, usando o agente supervisor para migração de casos. Espera-se também que o agente supervisor detecte inconsistências no desempenho de determinados agentes em relação a outros, detectando más estratégias ou eventos ocorridos na cidade (como acidentes e desfiles), e com isso poderá alertar o controlador humano ou criar mecanismos de correção.

REFERÊNCIAS

- K. Bouamrane, C. Tahon, M. Sevaux, B. Beldgilali (2005), "Decision Making System for Regulation of a Bimodal Urban Transportation Network, Associating a Classical and a Multi-Agent Approaches", *Journal Informatica*, IOS Press, Amsterdam, pp. 473-502.
- V. Katiyar, P. Kumar, N. Chand (2011), "An Intelligent Transportation System Architecture using Wireless Sensor Network", *International Journal of Computer Applications*, vol. 14, no. 2, pp. 22-26.
- W. Lee, S. Tseng, W. Shieh (2010), "Collaborative real-time traffic information generation and sharing framework for the intelligent transportation system", *Information Sciences*, vol. 180, no. 1.
- G. Nakamiti, R. Freitas, F. Gomide (2002), "Intelligent, Real-Time Traffic Control", *International Journal of Smart Engineering Systems Design*, vol. 4, no.1, pp. 49-62.
- M. Pang, X. Zhao (2008), "Traffic Flow Prediction of Chaos Time Series by Using Subtractive Clustering for Fuzzy Neural Network Modeling", *20 International Symposium on Intelligent Information Technology Application*, Washington, pp.23-27.

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-84610-00-2