TECNOLOGIA & CULTURA

Revista do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
CEFET/RJ | N. 34 | Ano 22 | jul./dez. 2019

TECNOLOGIA & CULTURA

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

Expediente

Ministério da Educação - MEC
Secretaria de Educação Profissional
e Tecnológica - SETEC

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

TECNOLOGIA & CULTURA - Revista do Cefet/RJ
N.34, Ano 22 - jul./dez. 2019
Tiragem: 300 exemplares
www.cefet-rj.br/index.php/revista-tecnologia-cultura/

Av. Maracanã, 229 - Rio de Janeiro/RJ
CEP 20271-110
Telefone geral: (21) 2566-3022 r. 3160
Telefax: (21) 2284-6021
http://www.cefet-rj.br
E-mail: revista@cefet-rj.br

Diretor-geral *pro tempore*
Marcelo de Sousa Nogueira

Vice-diretor
Sílvia Cristina Rufino

Diretora de Ensino
Patrícia Guimarães Crossetti

Diretor de Pesquisa e Pós-graduação
Mauricio Castanheira

Diretor de Gestão Estratégica
Fernando Neves Pereira

Diretor de Extensão
Carlos Eduardo Pantoja

Diretor de Administração e Planejamento
André Figueiredo Moraes

Presidente do Comitê Técnico-Científico
Marcelo Borges Rocha (Cefet/RJ)

Conselho Editorial
Adelaide Maria de Souza Antunes (UFRJ/INPI)
Cristina Gomes de Souza (Cefet/RJ)
Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes (Ibmec/RJ)
Maria Lucia Alvares Maciel (UFRJ/SBPC/IBICT)
Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco (Cefet/RJ)

Comitê Técnico-Científico

Tecnologia & Sociedade:
Marco Braga (Cefet/RJ)
Ana Margarida Campello (Fiocruz)
Carlos Fiolhais (Universidade de Coimbra - Portugal)
Gaudêncio Frigotto (UFF)
Guilherme Cordeiro da Graça de Oliveira (UFRJ)
Heloisa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves (UNIRIO)
Isabel Malaquias (Universidade de Aveiro - Portugal)
Marisa Brandão (Cefet/RJ)
Olival Freire Junior (UFBA)
Pedro Henrique Ribeiro de Souza (Cefet/RJ)
Regina Viegas (Cefet/RJ)
Pedro Miguel Marques da Costa (Universidade de Lisboa)

Tecnologia & Gestão:
Antonio Pithon (Editor - Cefet/RJ)
Antônio Mauricio Castanheira das Neves (Cefet/RJ)
José Dinis Carvalho (Universidade do Minho - Portugal)
José Luiz Fernandes (Cefet/RJ)
Luis Enrique Valdiviezo Vieira (Uenf)
Marcelo Fonseca Monteiro de Sena (IFRJ)
Rui Manoel Souza (Universidade do Minho - Portugal)

Tecnologia & Inovação:
Hector Reynaldo (Editor – Cefet/RJ)
Américo Scotti (UFU)
Ari Sauer Guimarães (UFRJ)
Carlos Henrique Figueiredo Alves (Cefet/RJ)
Dayse Haime Pastore (Cefet/RJ)
Ivani de Souza Bott (PUC-Rio)
Marcelo Borges Rocha (Cefet/RJ)
Mauricio Motta (Cefet/RJ)
Thiago Thielmann de Araújo (UVA)

Meio Ambiente e Educação Ambiental:
José Renato Pin (Cefet/RJ)
Marcelo Borges Rocha (Cefet/RJ)
Úrsula Maruyama (Cefet/RJ)

Editoria
Marcelo Borges Rocha

Revisão de textos em língua portuguesa
Natasha Juliana Mascarenhas Pereira

Biblioteca Central
Mariana de Oliveira Caruso Carvalho

Projeto Gráfico/Diagramação
Divisão de Programação Visual (DPROV)
Fernando da Silveira Bracet
Isabela Menezes da Silva Devonish
Thaís Cabral Pires Alves

Observações
Os conteúdos dos artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores. Proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem autorização dos autores.

Tecnologia & Cultura. _ Nº 34, Ano 22 (jul./dez. 2019) - Rio de Janeiro : Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2019.
v. : il.; 28 cms.

Semestral
ISSN 1414-8498

I. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

ISSN 1414-8498

SUMÁRIO

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA COMERCIALIZAÇÃO DO BIOMETANO PROCEDENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL 6
Alexandre Magno Souza Santana Santos

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE RACIONALIZAÇÃO DAS LINHAS DE ÔNIBUS: ESTUDO DE CASO DO CORREDOR METROPOLITANO DA ALAMEDA SÃO BOAVENTURA 11
Isabela Mara da Silva Conceição Bonifacio
Giovani Manso Ávila

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DO CANAL DO RIO ALCÂNTARA: SUBSÍDIOS AO ENTENDIMENTO DAS INUNDAÇÕES 19
Cilene Daudt Vieira
Otávio Miguez Rocha Leão
Vinicius da Silva Seabra

A INSERÇÃO DOS SISTEMAS COMPARTILHADOS NA MOBILIDADE URBANA 30
Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira Rodrigues
Luiza Arouca Dias

MEDIDAS DE SINAIS NA FAIXA DE UHF COM RECURSOS DE RÁDIO DEFINIDO POR *SOFTWARE* 40
Gilson A. Alencar

MÉTODO DE LIE 48
Emilio Nunez
Luís Fernando de Oliveira
Nilo Pinto da Silva Filho
Caubi Blanck Martins

FORMAÇÃO FIBROSA NA CÓRNEA DE AVES EMBRIONÁRIAS: ANÁLISES HISTOQUÍMICA E ULTRAESTRUTURAL 54
Elenice Correa-Gillieron

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICRORGANISMOS EM CISTERNAS DA UNIRIO 67
André Ricardo Quadros Junior
João Paulo Ferreira
Camila Maistro Patreze
Caio Lessa
Felipe Pessoa
Lucas Mota

ÁGUAS DE USO RECREATIVO: LEGISLAÇÃO LATINO-AMERICANA DE QUALIDADE DAS PRAIAS 76
Jéssica dos Santos Barbosa
Natascha Krepsky

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO ALUNO DO ENSINO A DISTÂNCIA E SEU ESTILO DE APRENDIZAGEM 84
Roberto Costa
Gustavo Souza
Thales Castro
Ricardo Valentim

"QUÍMICA NO CINEMA" – UMA OFICINA TEMÁTICA USANDO O VIDEOPROCESSO COMO FERRAMENTA PARA A APRENDIZAGEM 92
Rebeca Oliveira dos Santos Ramos
Eluzir Pedrazzi Chacon

A COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA: FERRAMENTA AO EMPODERAMENTO DE CATADORAS 101
Viviane Montebello Carvalhosa
Heloísa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves

Apresentação

Prezada comunidade acadêmica do Cefet/RJ e de universidades e escolas brasileiras,

Estamos publicando mais um número da nossa revista *Tecnologia & Cultura*. Os artigos publicados refletem a qualidade das pesquisas que estão sendo desenvolvidas no Brasil e em outros países.

A *Tecnologia & Cultura* está inserida em um contexto onde a produção do conhecimento é a premissa básica e, com isso, objetivamos fortalecer o diálogo entre os pesquisadores e a população. Destacamos, assim, a importância de nossa instituição para o ensino e a pesquisa no Brasil.

Temos como metas futuras ampliarmos nossas publicações e alcançarmos o padrão das melhores revistas brasileiras. Dessa forma, queremos convidar cada vez mais parceiros para que divulguem suas pesquisas e ações em nossas próximas edições.

Prof. Marcelo Borges Rocha
Editor da revista *Tecnologia & Cultura*

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA COMERCIALIZAÇÃO DO BIOMETANO PROCEDENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

Alexandre Magno Souza Santana Santos

RESUMO: Este estudo foi desenvolvido para analisar a viabilidade econômica da comercialização do biometano produzido através dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil. A proposta é provocar uma reflexão contundente sobre o quanto as políticas públicas precisam apoiar e fomentar estímulos à produção de biogás e biometano a partir do aproveitamento de resíduos sólidos em aterros sanitários. O aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos é de suma importância, não só econômica, mas, principalmente social e ambiental. O aproveitamento destes resíduos em aterros sanitários para monetização de gases reduz, não só a emissão de gases de efeito estufa prejudiciais à saúde da população, como também gera empregos e renda em regiões economicamente desfavorecidas.

Palavras-chave: Biogás. Políticas públicas. Resíduos Sólidos Urbanos.

ABSTRACT: This study was motivated to analyze the economic viability of the commercialization of Biomethane produced through Urban Solid Waste (USW) in Brazil. This work proposes to provoke a strong reflection on how public policies need to support and foster to develop incentives for the production of biogas and biomethane from the use of solid waste in landfills. The use of solid urban waste is of paramount importance not only economically, but mainly social and environmental. The use of these residues in landfills for the monetization of gases previously expelled into the atmosphere reduces not only the emission of greenhouse gases, harmful to the health of the population but also generates jobs and income in economically disadvantaged regions.

Keywords: Biogas. Public policies. Urban Solid Waste.

INTRODUÇÃO

Será uma nova era do biometano no Brasil? Até 2017 era proibida a comercialização do biometano produzido de aterros sanitários no Brasil, pois havia uma incompatibilidade do nível de qualidade desse gás produzido quando comparado ao gás natural. Em julho de 2017 a diretoria da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biometano (ANP) aprovou a Resolução ANP nº 685/2017, que regulamentou a qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado em todo o território nacional.

O biometano é um gás formado essencialmente do metano derivado do processo de purificação do biogás, que é obtido a partir da ação de bactérias na decomposição de matérias orgânicas. Essa regulamentação permite que empresas especializadas possam comercializar o biometano na forma de gás natural, abrindo a possibilidade de injeção deste gás na rede dutoviária para consumo de clientes residenciais e industriais até o abastecimento de veículos automotores movidos a gás natural veicular (GNV).

Após a aprovação da Resolução ANP nº 685/2017, em setembro de 2017, a ANP seguindo o seu rito legal (que envolve: receber o pedido de autorização do aterro, analisar os projetos, plantas, processos de campo, verificar o enquadramento e emitir a autorização) emitiu a primeira autorização para comercialização de biometano no Brasil. Esse projeto pioneiro, aprovado pela agência reguladora, está localizado na cidade de São Pedro da Aldeia, Região dos Lagos, no Estado do Rio de Janeiro e teve a sua estimativa de gastos com investimentos, custos e produção divulgados pela imprensa, pelo Ministério de Minas e Energia e pela ANP.

Neste contexto, a primeira etapa deste trabalho visa estudar a viabilidade econômica de projetos de produção de biometano oriundo de Resíduos Sólidos Urbanos, destinados à comercialização no Brasil. O biometano, combustível renovável, além de gerar benefícios estimados diretos, como potencial de suscitar retorno comercial positivo, contribui também para atenuação de graves problemas ambientais, como a redução da emissão de gases fósseis e destinação benéfica aos resíduos sólidos orgânicos.

Com o objetivo de contribuir para o cumprimento dos acordos internacionais que visam a redução da emissão de gases tóxicos, surgem iniciativas governamentais, como a criação de programas para promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética brasileira.

O RenovaBio, conforme definido pelo Ministério de Minas e Energia, é "... uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa." (MME, 2020).

Este trabalho, portanto, se propõe a provocar uma reflexão contundente sobre o quanto as políticas públicas precisam apoiar e fomentar projetos para desenvolver estímulos para a produção de biogás, biometano a partir do aproveitamento de resíduos sólidos em aterros sanitários. No Brasil, a produção de biometano em aterro sanitário apresenta viabilidade econômica para comercialização? Partindo dessa questão, o presente trabalho terá como objetivo analisar a viabilidade econômica da produção do biometano procedente de Resíduos Sólidos Urbanos e a importância da interferência regulatória do governo no fomento do setor.

REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico deste estudo, serão abordados temas que embasam conceitualmente a problemática da pesquisa em questão. Na subseção 3.1, serão descritas definições relacionadas ao biometano; na subseção 3.2, serão tratados indicadores para análise de viabilidade econômica de projetos; e, por fim, o item 3.3 apresentará políticas de incentivos governamentais para a produção do biometano no Brasil.

Biometano

Conforme descrito no *site* da ANP: ..."biometano é um biocombustível gasoso oriundo do biogás. Por sua vez, o biogás é produzido a partir da decomposição da matéria orgânica (resíduos orgânicos) por ação de bactérias." (ANP, 2016).

Com mais detalhes técnicos, o *site* da empresa Ecometano[1] descreve o biogás como o"produto resultante da digestão anaeróbica de resíduos diversos como por exemplo, os resíduos sólidos urbanos ou resíduos orgânicos. É composto fundamentalmente por metano (CH4) e gás carbônico (CO2), além de alguns outros componentes como oxigênio (O2) e ácido sulfídrico (H2S) em menor concentração. Quando subme-

[1] Empresa brasileira criada em 2010 com o objetivo de captar e tratar o biogás gerado a partir de fontes renováveis, tais como resíduos sólidos urbanos, resíduos orgânicos e vinhaça, para a produção e distribuição de biometano.

tido a um processo de purificação, o biogás dá origem ao biometano." (ECOMETANO, [201-]).

O biometano é um biocombustível constituído essencialmente por metano, possuindo componentes que o caracterizam como intercambiável ao gás natural. A Resolução Normativa nº 8 de 2015 da ANP define biogás como "gás bruto obtido da decomposição biológica de produtos ou resíduos orgânicos." (BRASIL, 2015). Ainda na mesma resolução, seu derivado, o biometano é definido como "biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás". Segundo a Associação Brasileira de Biogás (ABiogás), o Brasil tem potencial de produção de 4 bilhões de m^3/ano de biogás oriundos de aterros sanitários. Essa produção é capaz de abastecer 264 milhões de carros movidos a GNV nesse período.

Indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira de projetos

De acordo com Francisco (1988), um estudo de análise de investimentos compreende: um investimento a ser realizado, enumeração de alternativas viáveis, análise de cada alternativa, comparação das alternativas e escolha da melhor alternativa. Casarotto Filho e Kopittke (1994) explicam que deverão ser considerados os critérios econômicos, financeiro e imponderáveis para a tomada de uma decisão.

Veras (2001, p. 233) afirma que "engenharia econômica é o estudo dos métodos e técnicas usados para a análise econômico-financeira de investimentos". Diversos indicadores são utilizados para analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto. Para este estudo, foi definida a utilização dos seguintes métodos: valor presente líquido, taxa interna de retorno e *payback* descontado.

Valor presente líquido (VPL)

É um método que consiste em determinar o valor presente de todos os fluxos de caixa gerados em um período específico de um projeto de investimento, utilizando uma taxa mínima de atratividade esperada. Para Rezende e Oliveira (1993), a diferença positiva entre receitas e custos e investimentos, atualizados a determinada taxa de juros, é que indica a VPL de um projeto.

Segundo Pareja (1999, p. 222), o método do VPL pode ser visto como "[...] o montante pelo qual aumenta o valor da firma depois de ser realizado a alternativa – de investimento – que se estuda". O VPL pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=0}^{n} \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$, onde:

- FC_t: Fluxo de caixa no período t;
- i: taxa de desconto;
- t: período.

Taxa interna de retorno (TIR)

Em 1936, com a intenção de classificar diversos projetos de investimento, John Maynard Keynes (1883–1946) utilizou-se de uma taxa de desconto hipotética que, aplicada ao fluxo de caixa em um determinado período, traz os resultados por período a um valor presente. A TIR é um método de análise de viabilidade econômica de projetos, que é apresentada em forma percentual e calcula a taxa de desconto que teria determinado fluxo de caixa para que seu Valor Presente Líquido seja igual a zero.

Para Gitman (2002), a TIR que iguala o VPL das entradas de caixa ao investimento inicial resulta no saldo zero. A TIR pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$TIR = (VPL = 0) = \sum_{t=0}^{n} \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}$$, onde:

- FC_t : Fluxo de caixa no período t;
- $VPL = 0$;
- t: período.

***Payback* descontado**

Apresentado em unidade de tempo, esse método de análise de viabilidade de projetos indicará o intervalo de tempo em que o resultado acumulado gerado pelo projeto, descontado a uma taxa, será igual ao investimento inicial.

Conforme Rasoto *et al.* (2012), o *payback* descontado expõe o tempo necessário para que os benefícios do projeto restituam o valor investido e pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^{t} \frac{(R_j - C_j)}{(1+j)^j}; \qquad 1 \le t \le n$$

· FCC(t): Fluxo de Caixa Descontado;

· I= Investimento inicial;

· R= Receita do ano;

· C= Custo do ano;

· i= Taxa de desconto;

· j= Índice genérico que representa os períodos

Políticas governamentais de fomento à produção do biometano

No Brasil, o ambiente regulatório de energias renováveis está passando por uma série de mudanças positivas. Grande parte delas é fruto de compromissos assumidos pelo governo em fóruns internacionais para redução da emissão de gases de efeito estufa.

O programa RenovaBio surge como uma política de Estado alinhada com a estratégia de incentivar o desenvolvimento da produção de biocombustíveis na matriz energética do Brasil. O Ministério de Minas e Energia considera o biometano como destaque no programa RenovaBio, já que ele representa um agente relevante na redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo assim, para que o Brasil atinja suas metas de redução das emissões de gases tóxicos, firmadas na COP 21[2] em Paris e ratificadas na COP 22[3] em Marrakesh.

[2] 21ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

[3] 22ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

[4] Valor em dólar convertido em real pelo câmbio de R$ 3,79.

Estratégia de pesquisa / método

O estudo proposto analisou a viabilidade econômico-financeira do projeto de investimento em uma usina de produção e tratamento de biogás e o método de pesquisa selecionado foi de caráter exploratório e comparativo.

Gil (2008) expõe que o método comparativo se caracteriza pela investigação de indivíduos, classes, fenômenos ou fatos, destacando as diferenças e similaridades entre eles. "Sua ampla utilização nas ciências sociais deve-se ao fato de possibilitar o estudo comparativo de grandes grupamentos sociais, separados pelo espaço e pelo tempo." (GIL, 2008, p. 16-17).

A metodologia utilizada será de caráter quantitativo que, segundo Richardson (1999, p. 70), "[...] representa, em princípio, a intenção de garantir a precisão dos resultados, evitar distorções de análise e interpretação, possibilitando, consequentemente, uma margem de segurança quanto às inferências".

Dados

O estudo foi desenvolvido com a utilização de dados secundários, colhidos especialmente em agências reguladoras e associações brasileiras de biogás e biometano. O estudo simula o desempenho econômico de uma unidade de captação e tratamento de biogás, cujo aterro tem capacidade de receber 340 mil toneladas de lixo, produzindo assim 50,4 mil m³/dia de biogás, resultando em uma produção de 25,2 mil m³ de biometano ao dia.

O investimento mensurado para construção da infraestrutura de captação e da usina de tratamento do biometano foi baseado em estudos de Angelidaki *et al.* (2018) que indicam a faixa compreendida entre R$ 251 e R$ 461 para cada metro cúbico diário de capacidade de processamento de biogás. Como a tecnologia para processamento de biometano é pouco difundida no Brasil e os estudos não levam em consideração custos de importação, definimos o uso da taxa de referência R$ 461.[4]

O preço de venda do biometano foi lastreado em R$ 1,28 antes dos impostos, de acordo com o Boletim do Gás Natural publicado pelo MME (11/2018), para os preços de gás natural praticados pela Petrobras junto às distribuidoras de gás, utilizando a Política de Modalidade Firme para o Brasil.

A faixa para custos operacionais anuais apontada em Terazza e Willumsen (2009) varia entre 17% e 21% do custo de investimento total. No modelo, optou-se por considerar 21% do investimento total por ano como custo operacional. Para as despesas, optou-se por utilizar 7% do valor do investimento total por ano.

Para indicadores macroeconômicos de reajustes plurianuais, foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no modelo sinalizam nove anos para o retorno do investimento, utilizando o modelo econômico de *payback* descontado a uma taxa de 10%. Assim como um valor presente líquido de R$ 445 mil e uma taxa de retorno de 10,4%.

Os retornos apresentados no modelo desestimulam o interesse de investidores em aportarem o seu capital a taxas tão pouco atrativas. Neste sentido, estímulos à produção do biometano procedente de Resíduos Sólidos Urbanos devem estar na agenda política do Brasil, com interferência regulatória do governo, no fomento do setor.

O aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos é de suma importância não só econômica, mas também social e ambiental. O aproveitamento desses resíduos em aterros sanitários para monetização de gases antes expelidos para a atmosfera reduz não só a emissão de gases de efeito estufa prejudiciais à saúde da população, mas também gera emprego e renda em regiões desfavorecidas economicamente.

REFERÊNCIAS

ABIOGAS. Disponível em: https://www.abiogas.org.br/setor-no-brasil. Acesso em: 24 abr. 2018.

ANGELIDAKI, Irini; TREU, Laura; TSAPEKOS, Panagiotis; LUO, Gang; Campanaro, Stefano; WENZEL, Henrik; KOUGIAS, Panagiotis G. *Biogas Upgrading and Utilization:* Current Status and Perspectives, 2018.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Biometano*. 19 ago. 2016. Disponível em: http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biometano. Acesso em: 23 abr. 2018.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíves. Resolução n. 8, de 30 de janeiro de 2015. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 22, 2 fev. 2015. Disponível em: http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2015/janeiro&item=ranp-8--2015. Acesso em: 23 abr. 2018.

BRASIL. Convênio ICMS nº 24 de 8 abr. 2016. *ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços*, Brasília, DF, abr. 2016.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. *Análise de investimentos:* matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

FRANCISCO, W. de. *Matemática financeira*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1988.

ECOMETANO. *Biometano*. Disponível em: http://www.ecometano.com.br/ecometano/biometano.html. [201-] Acesso em: 23 abr. 2018.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Estudo sobre a economicidade do aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em aterro para produção de biometano*. Nota Técnica DEA 19/2018. Rio de Janeiro, 2018.

GITMAN, L. *Princípios de administração financeira*. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MME. Ministério de Minas e Energia. *Boletim do Gás Natural*, nov. 2018.

MME. Ministério de Minas e Energia.Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal. Acesso em: 31 out. 2020.

PAREJA, I. V. *Construction of cash flow a pedagogical note*. New York, 1999.

RASOTO, A.; GNOATTO, A.A.; OLIVEIRA, A.G. de; ROSA, C.F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H.A. de; LIMA, I.A. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN; M.G.; RASOTO, V.I. *Gestão Financeira:* enfoque em inovação. v. 6. 1. ed. Curitiba: Aymará, 2012. 140p. (Série UTFinova).

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise econômica e social de projetos florestais:* matemática financeira, formulação de projetos, avaliação de projetos, localização de projetos, análise de custo-benefício. Viçosa: Ed. UFV, 1993.

RICHARDSON, R. J. *Pesquisa social:* métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

TERRAZA H.; WILLUMSEN, H. *Guidance Note on Landfill Gas Capture and Utilization*. Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2009. Disponível em: www.iadb.org. Acesso em: 23 abr. 2018.

VERAS, L. L. *Matemática financeira:* uso de calculadoras financeiras, aplicações ao mercado financeiro, introdução à engenharia econômica, 300 exercícios resolvidos e propostos com respostas. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

DADOS DOS AUTORES

Alexandre Magno Souza Santana Santos (alexandremagno1@hotmail.com). Mestrando em Administração pelas Faculdades Ibmec, unidade Rio de Janeiro.

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE RACIONALIZAÇÃO DAS LINHAS DE ÔNIBUS: ESTUDO DE CASO DO CORREDOR METROPOLITANO DA ALAMEDA SÃO BOAVENTURA

Isabela Mara da Silva Conceição Bonifacio

Giovani Manso Ávila

RESUMO: A Região Leste Metropolitana do Rio de Janeiro, assim como diversas regiões do Brasil, apresenta falhas e enfrenta grandes problemas com relação ao planejamento urbano e de transportes, tanto devido ao crescimento acelerado e desordenado quanto à falta de investimento em infraestrutura. Para contornar tais lacunas no planejamento, surgem alternativas que visam mitigar as deficiências da mobilidade urbana – dentre elas, os corredores exclusivos para o transporte público. O presente trabalho apresenta conteúdo relativo à mobilidade urbana e procura analisar o planejamento do transporte público por ônibus no Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura. Para tal análise, é aplicado um método de racionalização heurística, utilizando pesquisas de campo que fornecem dados de frequência e taxa de ocupação. Como resultado, apresenta-se um novo desenho para essas linhas.

Palavras-chave: Mobilidade urbana. Corredores viários. Pesquisa de transporte. Planejamento de transporte.

ABSTRACT: Rio de Janeiro's East Metropolitan Region, as well as several regions in Brazil, has shortcomings and faces major problems with urban and transport planning, both due to rapid and disorderly growth and lack of infrastructure investment. To overcome such gaps in planning, alternatives emerge that aim to mitigate the deficiencies of urban mobility, among which are the exclusive corridors for public transport. This paper presents content related to urban mobility and seeks to analyze the planning of public transport by bus in the Alameda São Boaventura Metropolitan Corridor. For such analysis a heuristic rationalization method is applied, using field researches that provide frequency and occupancy rate data. As a result a new drawing for these lines is presented.

Keywords: Urban mobility. Exclusive lane. Search traffic. Transportation planning.

INTRODUÇÃO

Durante o século XX, especialmente no período de consolidação da industrialização da economia, entre 1930 e 1980, as cidades brasileiras apresentaram um expressivo crescimento. Nessa fase, devido ao intenso movimento migratório, denominado êxodo rural, o país deixou de ser predominantemente agrícola para se transformar em um ambiente majoritariamente urbano. As taxas de crescimento de diversas cidades, principalmente nas regiões metropolitanas, foram altíssimas durante décadas (SANTOS, 1987 *apud* MARCOLINI, 2011).

A Região Leste Metropolitana do Rio de Janeiro foi contemplada com o crescimento supracitado e apresenta um grande contingente populacional que se desloca diariamente em direção ao município do Rio de Janeiro para realizar, principalmente, suas atividades econômicas. Tal deslocamento ocorre, sobretudo, pelo fato de o desenvolvimento urbano não ter acompanhado o crescimento populacional da região.

As falhas no desenvolvimento podem ser percebidas, por exemplo, nos extensos congestionamentos enfrentados diariamente pela população residente da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que, segundo o Censo 2010, possui o maior tempo médio de deslocamento pendular de casa ao trabalho.

O Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura surge como uma proposta que visa mitigar os congestionamentos, propondo uma prioridade do transporte coletivo público e visando à qualidade do deslocamento de seus usuários. Entretanto, sua implantação contemplou somente a parte de infraestrutura viária, havendo deficiências em seu planejamento de transportes.

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise do Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura, partindo de pesquisas de campo para propor soluções que dinamizem seu funcionamento. Preconiza-se a adoção de uma racionalização das linhas de ônibus a fim de corrigir e implementar soluções apresentadas na concepção de projeto para garantir uma melhor mobilidade para a via.

ESTUDO DE CASO

De acordo com o Censo (IBGE, 2010), 74% da população fluminense reside na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, desse montante 55% trabalham no município do Rio de Janeiro. Tal deslocamento se caracteriza como um grande fluxo de pessoas entre sua cidade de origem e a capital, tornando a questão da mobilidade urbana essencial para o desenvolvimento e para a qualidade de vida das cidades.

Nesse contexto, encontra-se a Região Leste Fluminense (Figura 1), que em outros tempos foi considerada como Grande Niterói, e é composta pelos municípios de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Rio Bonito, Maricá e Tanguá.

Figura 1 – Região Leste Fluminense, em destaque e detalhada

Fonte: SEBRAE, 2015

A Alameda São Boaventura configura-se como uma importante via da Região Leste Fluminense, sendo o trecho inicial da rodovia RJ-104. Dada a importância da via como um dos principais eixos do município de Niterói, compondo a ligação intermunicipal metropolitana Maricá – São Gonçalo – Niterói, os congestionamentos são constantes, tanto pela saturação, devido ao excesso de veículos, quanto pela indisciplina do próprio uso da via (PDTT, 2004).

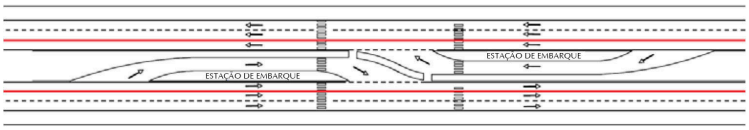
Sendo assim, a implantação do sistema de prioridade do transporte coletivo, caracterizado pelo modo de faixa exclusiva no Corredor da Alameda São Boaventura surge como uma alternativa ao conflito de espaço entre os veículos particulares e os ônibus, além de proporcionar um maior conforto e segurança aos usuários do transporte coletivo quando prescreve as paradas segregadas de ônibus.

O Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura

O Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura, foi o primeiro corredor expresso, com faixas exclusivas para ônibus, implantado no estado do Rio de Janeiro no ano de 2010. Possui seis quilômetros de extensão, contemplando a totalidade da Alameda São Boaventura (objeto do presente estudo), a Avenida Feliciano Sodré, a Rua Saldanha Marinho, a Rua Manuel Pacheco de Carvalho e a Praça Renascença, na confluência da Avenida Feliciano Sodré com a Avenida Jansen de Mello.

As paradas de ônibus (Figura 2) presentes no trecho da Alameda São Boaventura possuem diferenças específicas em comparação com os demais trechos, visto que são implementados de forma segregada, sendo caracterizados como estações de embarque e desembarque. Cada uma das estações, também chamadas de baias, possui 9 metros de largura, sendo 3 metros da plataforma de embarque/desembarque, 4 metros da faixa de rolamento dos ônibus e 2 metros da jardineira; além de 240 metros de comprimento (120 metros para cada sentido). A exceção é a estação Getulinho, que apresenta apenas 150 metros de extensão.

Figura 2 – Vista superior de uma estação de embarque da Alameda São Boaventura



Fonte: BONIFACIO, 2016

No corredor, transitam 17 linhas de ônibus municipais e 61 linhas intermunicipais, que realizam suas paradas nas estações de forma alternada (Figura 3). Segundo o Plano Diretor de Transporte Urbano (PDTU, 2013), o corredor transporta cerca de 450 mil pessoas por dia, que se deslocam de cidades da Região Leste Metropolitana com destino ao município do Rio de Janeiro e de Niterói, com a finalidade de cumprir seus regimes de trabalho ou outras atividades econômicas.

Figura 3 – Demonstração da divisão de linhas entre os pontos de parada

A - Linhas intermunicipais com destino a Niterói e linhas municipais.

B - Linhas intermunicipais com destino ao Rio de Janeiro e linhas municipais.

Fonte: RJBR.ORG, 2015

Em sua proposta inicial, presente no Plano Diretor de Transporte e Trânsito de 2004 (PDTT), o corredor era delimitado por um terminal de integração localizado ao final da Alameda. O projeto também previa o racionamento de linhas existentes e a criação de linhas troncais, alimentadoras e circulares (Tabela 1). Tais intervenções visavam reduzir a frota em 39% e a quilometragem percorrida em 49% nos horários de pico.

Tabela 1 – Proposta de linhas troncais e alimentadoras ao sistema do corredor viário

		Linhas	Tempo de viagem (min.)	Intervalo entre viagens (min.)	Viagens/ hora pico
TRONCAIS	T1	Terminal Fonseca - Centro	34	9	7
	T2	Terminal Fonseca - Centro	38	5	12
	T3	Terminal Fonseca - Charitas	58	12	5
	T4	Terminal Fonseca - São Cristóvão	97	30	2
	T5	Charitas - Terminal Fonseca - Castelo	128	10	6
ALIMENTADORAS	A1	Terminal Fonseca - Teixeira de Freitas	16	8	8
	A2	Terminal Fonseca - Riodades	25	12	5
	A3	Terminal Fonseca - Largo do Moura	16	6	10
	A4	Terminal Fonseca - Caramujo	23	12	5
	A5	Terminal Fonseca - Morro do Céu	30	7	9
	A6	Terminal Fonseca - Santa Bárbara	24	12	5
CIRCULARES	49-1	Terminal Fonseca - Icaraí - Centro	50	5	12
	49-2	Terminal Fonseca - Centro - Icaraí	49	4	15

Fonte: PDTT, 2004

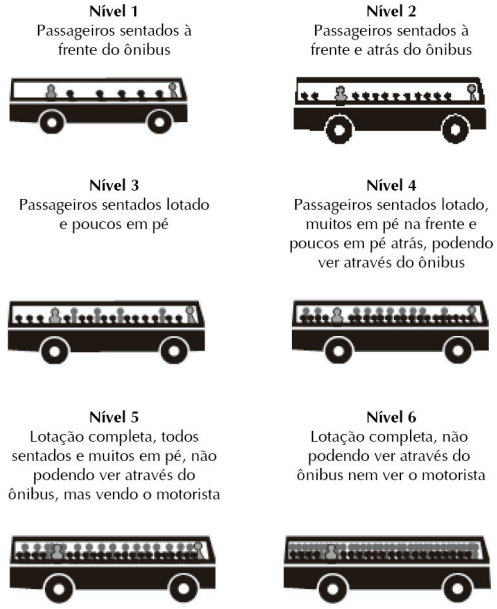
Contudo, o projeto inicial não foi aplicado em sua totalidade, sendo implementadas apenas as medidas de segregação da faixa e das paradas de ônibus. Isto posto, ao se observar o funcionamento atual do corredor, é possível considerar que a não aplicação integral do projeto fez com que a via não operasse de maneira eficiente e eficaz, apresentando consequências como a sobreposição de linhas no trecho da Alameda são Boaventura, fato que será analisado mais à frente e que, possivelmente, não ocorreria caso as diretrizes apresentadas na Tabela 1 fossem implementadas.

Análise das linhas de ônibus

As pesquisas realizadas, que serviram de base para as análises, contemplaram as linhas de ônibus municipais de Niterói, avaliando as modalidades de taxa de ocupação visual e frequência dos veículos, sendo qualificadas como dados primários, ou seja, obtidos pela pesquisadora. Como dados secundários, foram utilizados os catálogos de linhas municipais e intermunicipais que trafegam pela via em questão, disponibilizados pelo Sindicato de Empresas de Transporte Rodoviário do Estado do Rio de Janeiro (Setrerj).

Uma pesquisa de ocupação visual apresenta uma estimativa do número de passageiros através da comparação do nível de ocupação dos veículos com padrões típicos de lotação e é obtida por meio de avaliação visual dos veículos ao cruzarem uma seção de referência da linha ou corredor (RECK, 2011). Nessa análise, as seções de referência escolhidas foram as estações de embarque da Alameda São Boaventura e, para apresentar uma conformidade na pesquisa, foi utilizado o gabarito teórico (Figura 4).

Figura 4 – Gabarito teórico para pesquisa de taxa de ocupação veicular



Fonte: TEIXEIRA, 2015

A pesquisa de frequência veicular foi realizada utilizando formulário (Figura 5) que abarca o horário da passagem dos veículos e seus respectivos itinerários e números de linha. A coleta de dados foi realizada durante o período de pico da manhã (das 6h às 10h), e em dias típicos (terça-feira, quarta-feira e quinta-feira).

Figura 5 – Formulário de frequência e ocupação

Local: ALAMEDA SÃO BOAVENTURA	
Ponto:	Movimento:
Pesquisador:	Data:

Nº da Linha	Nome da Linha	Ocupação	Horário

Fonte: BONIFACIO, 2016

As pesquisas foram realizadas durante os meses de setembro e outubro de 2018, contabilizando quatro dias de coleta, com períodos de permanência de aproximadamente uma hora em cada estação de embarque. Os resultados dos dados coletados foram utilizados para a realização de um estudo crítico das linhas municipais que circulam no Corredor Metropolitano, buscando determinar a concorrência entre elas, além da semelhança com as linhas propostas pelo PDTT de Niterói (Tabela 1).

Partindo de tal estudo, foi possível avaliar quais linhas seriam mantidas, excluídas ou seccionadas hipoteticamente, para fins de estudo acadêmico, além de realizar a comparação com estudo semelhante realizado pela autora em 2016, para avaliar se a situação de operação do corredor melhorou, piorou ou se manteve da mesma forma num espaço de dois anos.

Análise da frequência das linhas de ônibus

Segundo os dados coletados referentes à frequência, em 2016, as linhas que se mostravam mais presentes eram as intermunicipais, tanto as com destino a Niterói, quanto as com destino ao município do Rio de Janeiro. Contudo, as tabelas a seguir apresentam uma comparação com os resultados obtidos em 2018, que revelam uma mudança de panorama no funcionamento do corredor em dois anos.

Tabelas 2, 3, 4 e 5 – Comparação dos resumos da frequência das linhas com base em pesquisa de campo realizada em 2016 e em 2018 – Estação tipo B

Pesquisa realizada dia **15/03/2016**
Estação NOSSA SRA. DAS MERCÊS

Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Rio de Janeiro	49
Maricá x Rio de Janeiro	16
Niterói x Rio de Janeiro	12
Niterói x Niterói	60

Pesquisa realizada dia **03/10/2018**
Estação NOSSA SRA. DAS MERCÊS

Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Rio de Janeiro	26
Maricá x Rio de Janeiro	19
Niterói x Rio de Janeiro	11
Niterói x Niterói	50

Pesquisa realizada dia **29/03/2016** Estação BAIRRO CHIC	
Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Rio de Janeiro	46
Maricá x Rio de Janeiro	22
Niterói x Rio de Janeiro	17
Araruama x Niterói	1
Niterói x Niterói	57

Pesquisa realizada dia **02/10/2018** Estação BAIRRO CHIC	
Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Rio de Janeiro	36
Maricá x Rio de Janeiro	17
Niterói x Rio de Janeiro	9
Niterói x Niterói	38

Fonte: Os autores, 2018

O que se deduz, a partir das pesquisas apresentadas, é que tanto as viagens intermunicipais quanto as municipais apresentaram uma diminuição na frequência. Contudo, as viagens municipais apresentaram sensível aumento em relação ao total das viagens intermunicipais no período entre 2016 e 2018. A Estação Getulinho não foi considerada para fim de comparação, pois apenas duas linhas municipais transitam por ela.

No que tange às estações do tipo A, que compreendem as linhas municipais de Niterói e as linhas intermunicipais com destino a Niterói, observa-se que as linhas intermunicipais continuam representando a maioria, situação explicitada nas tabelas a seguir.

Tabelas 6, 7, 8 e 9 – Comparação dos resumos da frequência das linhas com base em pesquisa de campo realizada em 2016 e em 2018 – Estação tipo A

Pesquisa realizada dia **15/03/2016** Estação JOÃO BRASIL	
Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Niterói	84
Maricá x Niterói	9
Itaboraí x Niterói	2
Rio Bonito x Niterói	1
Piabetá x Niterói	1
Niterói x Niterói	57

Pesquisa realizada dia **03/10/2018** Estação JOÃO BRASIL	
Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Niterói	94
Maricá x Niterói	17
Itaboraí x Niterói	6
Rio Bonito x Niterói	2
Niterói x Niterói	62

Pesquisa realizada dia **29/03/2016** Estação HORTO	
Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Niterói	70
Maricá x Niterói	13
Itaboraí x Niterói	3
Niterói x Niterói	45

Pesquisa realizada dia **12/10/2018** Estação HORTO	
Origem/Destino	**Frequência** (viagens/hora)
São Gonçalo x Niterói	115
Maricá x Niterói	17
Itaboraí x Niterói	4
Rio Bonito x Niterói	2
Niterói x Niterói	53

Fonte: Os autores, 2018

O que se pode considerar, através das tabelas, é que a dinâmica do funcionamento das linhas que contemplam as estações do tipo A sofreu um aumento geral do número de viagens. Apesar disso, as viagens municipais apresentaram sensível diminuição em relação ao total das viagens intermunicipais. Vale ressaltar a ausência da circulação de linhas, como a com origem/destino em Piabetá durante o período das pesquisas em 2018.

Análise da frequência, taxa de ocupação e novo *status* sugerido das linhas municipais de Niterói

A partir da análise de frequência realizada na seção anterior, foi realizado um estudo mais aprofundado para as linhas do município de Niterói (Tabela 10), que abrange uma média da frequência, evidenciando o intervalo de tempo médio entre a passagem de ônibus da mesma linha e a taxa de ocupação média.

Tabela 10 – Frequência e ocupação média das linhas municipais de Niterói

FREQUÊNCIA E OCUPAÇÃO MÉDIA DAS LINHAS

Linha	**Viagens hora pico** (veículos/h)	**Intervalo entre viagens** (min.)	**Ocupação**
21	2	24	2
22	7	9	2
23	2	29	1
24	1	30	3
24A	2	24	2
25	2	30	2
26	1	30	1
26A	3	15	2
26B	2	30	2
28	-	-	-
29	3	22	2
41	6	8	2
43	3	22	2
49	14	10	3
62	2	6	2
62A	2	30	3
62B	8	9	2

Fonte: Os autores, 2018

Levando-se em consideração o explicitado, as linhas que apresentam a maior frequência são as circulares (49 e 22) e a que se dirige a bairros do centro e zona sul de Niterói (62). Em geral, observa-se que as linhas, mesmo apresentando uma frequência baixa, também exibem uma taxa de ocupação baixa, o que demonstra que o *status* de algumas das linhas pode ser alterado, podendo inclusive ocorrer sua exclusão da rota.

A partir desse panorama, em conjunto com as diretrizes do Plano Diretor de Transportes e Trânsito de Niterói (2004), aplicam-se as propostas da Tabela 1 às linhas em operação atualmente no corredor. A metodologia utilizada para a realização da compatibilização foi a de comparação de origem e destino das linhas

sugeridas com as linhas existentes. Deve-se observar que as linhas compatibilizadas são as que mais se aproximam das linhas sugeridas; sendo assim, nem todas apresentam a mesma origem e destino, porém possuem trajetos coincidentes, caso que ocorre com a linha 22, compatibilizada com a linha sugerida T2.

A linha T2 do PDTT (2004) pode ser compatibilizada com a linha 22. Nesse caso, a linha manteria seu percurso atual, contudo os dados operacionais propostos no PDTT para a linha T2 são de 12 viagens/hora pico, com intervalo de 5 minutos entre viagens. Para se adequar integralmente à linha T2, é necessário que a linha 22 aumente sua frequência, visto que, com base nos dados coletados, ela apresenta uma média de 7 viagens/hora pico.

Linha T2 → Linha 22 (Largo do Moura x Centro) – Mantida

IDA
Avenida Feliciano Sodré
Avenida Jansen de Melo
Avenida Marquês de Paraná
Avenida Ernani do Amaral Peixoto

VOLTA
Avenida Visconde do Rio Branco
Rua Marechal Deodoro
Avenida Jansen de Melo
Avenida Feliciano Sodré
Alameda São Boaventura
Retorno no Largo do Moura
Alameda São Boaventura
Rua Riodades
Rua Cinco de Março
Rua Álvaro Neves
Rua Teixeira de Freitas
Alameda São Boaventura

Figura 6 – Trajeto da Linha 22 – Largo do Moura x Centro

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2018

Para a compatibilização da linha existente 23 com a linha alimentadora A1, é sugerido o seccionamento (Figuras 7 e 8). Entretanto, para que a linha 23 possa cumprir o papel proposto pela linha A1, a mesma necessitaria de ajustes operacionais, visto que, das 8 viagens/hora pico propostas, é realizada apenas 1. Vale salientar que, com o seccionamento da linha, haveria redução da quilometragem rodada e consequente redução no tempo de ciclo, o que por si só já aumentaria a frequência da linha. Porém, deve-se atentar para o remanejamento da frota buscando atender à proposta.

Linha A1 → Linha 23 (Teixeira de Freitas x Centro) – Seccionada

IDA
Alameda São Boaventura
Avenida Feliciano Sodré
Terminal Rodoviário João Goulart

VOLTA
Avenida Visconde do Rio Branco
Avenida Feliciano Sodré
Alameda São Boaventura
Retorno no Largo do Moura
Rua Teixeira de Freitas

Figuras 7 e 8 – Itinerários da linha 23 – Teixeira de Freitas x Centro – (a) atual; (b) sugerido

(a) (b)

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2018

A compatibilização das linhas existentes com as linhas troncais e alimentadores sugeridas pelo PDTT foi realizada para todas as linhas municipais, e chegou-se a um resultado preliminar (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11 – Compatibilização das linhas troncais propostas com as linhas existentes

	LINHA TRONCAL	LINHA EXISTENTE
T1	Terminal Fonseca - Centro (via Av. Feliciano Sodré)	21, 24 e 24A
T2	Terminal Fonseca - Centro (via Jansem de Melo)	22
T3	Terminal Fonseca - Charitas (via Jansem de Melo)	62
T4	Terminal Fonseca - São Cristóvão	725
T5	Terminal Fonseca - Castelo	731 e 1730

Fonte: Os autores, 2018

Tabela 12 – Compatibilização das linhas alimentadoras propostas com as linhas existentes

	LINHA TRONCAL	LINHA EXISTENTE
A1	Terminal Fonseca - Teixeira de Freitas	23
A2	Terminal Fonseca - Riodades)	25
A3	Terminal Fonseca - Largo do Moura)	*
A4	Terminal Fonseca - Caramujo	26B e 62A
A5	Terminal Fonseca - Morro do Céu	26A
A6	Terminal Fonseca - Santa Bárbara	62B

Fonte: Os autores, 2018

É apresentado um resultado final (Tabela 13), contemplando as linhas existentes, inclusive as que não estão descritas nas tabelas anteriores.

Tabela 13 – Caracterização das linhas municipais consideradas

Número	Nome da linha	Viagens/ hora pico	Intervalo entre viagens	Proposta após comparação PDTT
21	Fonseca - Centro	2	24	Mantida
22	Largo do Moura - Centro	7	9	Mantida
23	Teixeira de Freitas - Centro	2	29	Seccionada
24	Palmeiras - Centro	1	30	Mantida
24A	Palmeiras - Gragoatá	2	24	Mantida
25	Riodades - Centro	2	30	Seccionada
26	Caramujo - Centro	1	30	Excluída
26A	Morro do Céu - Centro	3	15	Seccionada
26B	Caramujo - Centro (via Jerônimo Afonso)	2	30	Seccionada
28	Largo do Cravinho - Centro (via Fonseca)	-	-	Excluída
29	Largo do Cravinho - Centro (via Av. do Cont.)	3	22	Mantida
41	Venda da Cruz - Centro (via João Brasil)	6	8	Mantida
43	Circular via 22 de Novembro	3	22	Mantida
49	Circular via D. Lima Castro	14	10	Mantida
62	Fonseca - Charitas	2	6	Mantida
62A	Caramujo - Charitas	2	30	Seccionada
62B	Santa Bárbara - Charitas	8	9	Seccionada

Fonte: Os autores, 2018

Pode-se concluir, a partir das análises, que, as linhas compatibilizadas com as troncais apresentam uma média de frequência de 2 viagens no horário de pico (com exceção da linha 22), e uma taxa de ocupação média de aproximadamente 2, o que representa um veículo com a totalidade dos assentos ocupados.

As linhas compatíveis às consideradas alimentadoras pelo PDTT possuem uma frequência média de aproximadamente 3 viagens por hora e taxa de ocupação média de aproximadamente 2.

A linha que se destaca, tanto em frequência quanto em taxa de ocupação, é a linha circular 49, que apresenta em média 14 viagens por hora e uma taxa de ocupação média de 3, o que demonstra a grande utilização da linha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo, por meio de pesquisas e análises, sugerir uma melhor mobilidade para o Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura, uma vez que, pelo exposto, este carece de uma adequação para operar adequadamente. A ineficiência da via ocasiona congestionamentos com consequente saturação, gerando perda de tempo no trânsito, o que afeta diretamente a qualidade de vida dos usuários.

Por meio das análises realizadas sobre a frequência e a ocupação das linhas de ônibus que transitam pela via, percebe-se uma grande sobreposição de itinerários, o que gera uma alta frequência com baixa taxa de ocupação. Tal panorama faz com que o corredor funcione de forma ineficaz. Dessa forma, sugere-se a adoção de um processo de racionalização das linhas, o que, devido às baixas taxas de ocupação, não

afetaria a demanda. O estudo foi realizado no âmbito das linhas municipais de Niterói.

Isto posto, foi realizada compatibilização entre as linhas existentes e as linhas troncais e alimentadoras propostas no Plano Diretor de Transportes e Trânsito de Niterói (2004). Diante da comparação, conclui-se que as linhas que coincidiam com as linhas troncais propostas necessitariam de adequações operacionais e seriam mantidas. As linhas que se assemelhavam às alimentadoras seriam seccionadas, apresentando uma redução no itinerário e, consequentemente, apresentariam uma maior frequência. As linhas existentes que não foram identificadas durante a pesquisa (caso da linha 28) ou que apresentaram itinerário semelhante a outras (caso da linha 26), foram consideradas excluídas.

Considerando a análise, se aplicado o seccionamento e exclusão das linhas, seriam reduzidas, em média, 20 viagens por hora de pico, em uma via altamente congestionada. Tal alteração não geraria transtornos ou redução da qualidade do transporte, visto que as linhas consideradas alimentadoras possuem tanto taxa de ocupação quanto frequência abaixo do sugerido no PDTT. Para além das considerações sobre frequência e taxa de ocupação, para que as sugestões executadas não tragam prejuízos aos usuários, é necessário repensar as formas de integração tarifária entre as linhas troncais e alimentadoras.

No tocante à comparação do funcionamento do corredor entre os anos de 2016 e 2018, a diferença mais expressiva foi a redução no número de linhas intermunicipais com destino ao município do Rio de Janeiro, o que pode ser explicado pelo quadro de recessão econômica ao qual não só o município mas também o estado do Rio viveram durante o período.

O trabalho desenvolvido ressaltou a importância do seguimento das diretrizes do projeto em sua obra final, visto que, mesmo com a construção do Corredor Metropolitano da Alameda São Boaventura, a população ainda sofre diariamente com os congestionamentos. Nota-se que a implementação de infraestrutura sem um planejamento de transportes atrelado não se mostrou eficaz. Dessa forma, as medidas operacionais propostas aliadas à infraestrutura do corredor existente resultariam em um funcionamento pleno deste.

AGRADECIMENTOS

À Professora Eunice Horácio de S. de B. Teixeira, por nortear as análises realizadas no ano de 2016 e que, em continuidade, deram origem ao presente estudo.

REFERÊNCIAS

BONIFACIO, I. M. da S. C. *Mobilidade urbana*: análise e diagnóstico do Corredor Metropolitano da Alameda São Boa Ventura. 2016. Projeto final (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2016.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*, 2013.

IBGE. *Censo Demográfico Brasileiro de 2010*. Disponível em: https://censo2010.ibge. gov.br . Acesso em: 1 mar. 2016.

MARCOLINI, S. *Ambiente urbano e geração de viagens*: Niterói, um estudo de caso. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

NITERÓI. *Plano Diretor de Transporte e Trânsito de Niterói*, 2004.

RECK, G. *Apostila de Planejamento de Transportes*. Departamento de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, 2011.

SEBRAE. *Painel Regional*: Leste Fluminense – Observatório SEBRAE/RJ, 2015.

SETRERJ. *Catálogo de linhas de ônibus municipais*. 2019. Disponível em: http://www.setrerj.com.br/linhas/linhas_municipais.html. Acesso em: 24 mar. 2016.

SETRERJ. *Catálogo de linhas de ônibus intermunicipais*. 2019. Disponível em: http://www.setrerj.com.br/linhas/linhas_intermunicipais.html. Acesso em: 24 mar. 2016.

TEIXEIRA, E. H. de S. de B. *Sistemas viários* [Notas de Aula]. 2015. Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2015.

DADOS DOS AUTORES

Isabela Mara da Silva Conceição Bonifacio (isabelabonifacio@poli.ufrj.br). Mestranda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Engenheira civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ).

Giovani Manso Ávila (giovani@poli.ufrj.br). Doutor e mestre em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DO CANAL DO RIO ALCÂNTARA: SUBSÍDIOS AO ENTENDIMENTO DAS INUNDAÇÕES

Cilene Daudt Vieira

Otávio Miguez Rocha Leão

Vinicius da Silva Seabra

RESUMO: Nos últimos anos, a ocorrência com maior incidência das inundações em bacias hidrográficas urbanizadas vem se expandindo e acarretando danos à sociedade. Diversos são os fatores que podem ocasionar, acelerar ou intensificar os episódios das inundações nesse sistema tão sensível com as bacias hidrográficas. Utilizando como área de estudo o rio Alcântara, localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a dinâmica fluvial desse rio, elaborando, assim, uma avaliação dos três setores do perfil longitudinal ao longo da bacia e correlacionar as características geomorfológicas e de uso do solo na dinâmica de inundações. Visa, além disso, identificar as áreas suscetíveis a inundações ao longo do perfil longitudinal, e como essas áreas de alagamento se distribuem correlacionando as variáveis do uso do solo, geomorfologia e as rupturas de declive. Assim, obtendo uma análise mais detalhada e observando que não só o uso do solo estabelecido pela intervenção antrópica subsidia áreas mais suscetíveis, mas também devido à composição geomorfológica, a união desses dois fatores pode resultar em áreas de maior suscetibilidade e a ocorrência de eventos com maior intensidade. Os procedimentos metodológicos utilizados para realizar a pesquisa foram as revisões bibliográficas sobre a bacia do rio Alcântara e os processos geomorfológicos, formação de bases de dados para realizar mapeamentos; para obter os gráficos e informações das suas variáveis geomorfológicas e trabalhos de campo. Para refinar todos os procedimentos metodológicos, utilizaram-se as ferramentas do geoprocessamento para realizar o perfil longitudinal, cujo objetivo é correlacionar as variáveis geomorfológicas e sobrepor, para realizar uma síntese hidrológica.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Geomorfologia fluvial. Rio Alcântara. Perfil longitudinal e inundações.

ABSTRACT: In the last years, the occurrence with the highest incidence of flooding in urbanized watersheds has been expanding and causing damage to society. There are several factors that can cause, accelerate or intensify flooding episodes in this sensitive watershed system. Using the Alcântara River as a study area, located in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, this research has the goal of doing a bibliographic review on the river dynamics of the Alcântara River, therefore elaborating an evaluation of the three sectors of the longitudinal profile along the correlate geomorphological and land use characteristics in flood dynamics. This research has the intention to identify the areas susceptible to flooding along the longitudinal profile, and how these areas of flooding are distributed along the profile correlating the land's use variables, geomorphology and slope breaks. So, obtaining a more detailed analysis and noting that not only the land use established by the anthropic intervention subsidizes more susceptible areas, but also, due to the geomorphological composition that united the two factors can result in areas of greater susceptibility and the occurrence of events with higher intensity. The methodological procedures used to fulfill the research were the bibliographical reviews about the Alcântara river basin and the geomorphological processes, formation of databases to make mappings; to get the graphs and information of your geomorphological variables and fieldwork. To refine all methodological procedures, we used the geoprocessing tools to do the longitudinal profile, whose objective and correlates the geomorphological variables and overlap, to perform a hydrological synthesis.

Keywords: River basin. Fluvial geomorphology. Alcantara River. Longitudinal profile and flooding.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo é marcado por eventos naturais extremos que abarcam um grande contingente populacional, acarretando mudanças na dinâmica natural, estrutural e configurações socioeconômicas desses espaços. A ocorrência desses fenômenos recebe o nome de desastres naturais, cujo efeitos vêm atingindo as grandes cidades do mundo. Nessa perspectiva, seus efeitos têm se intensificado pelo modo de organização do uso do solo.

Nesse contexto, as bacias hidrográficas em áreas urbanas são os ambientes mais afetados pela expansão urbana. Mudanças verificadas em ambientes de bacias hidrográficas têm como causas alterações no equilíbrio dinâmico dos elementos naturais que as compõem, bem como alterações derivadas de mudanças no uso e ocupação do solo.

As inundações têm se destacado com um dos principais desastres naturais em ocorrência no Brasil (JUNGLES, 2012). Esses eventos atingem tanto as áreas rurais quanto as áreas metropolitanas. Ambos os processos são naturais e indissociáveis, que envolvem múltiplos processos interdependentes tanto naturais quanto antrópicos.

A ocorrência desses fenômenos depende da conjugação de uma gama de fatores inter-relacionados, a magnitude e a frequência ocorrem em função da intensidade e distribuição das precipitações, da taxa de infiltração, do grau de saturação dos solos e das características morfométricas e morfológicas das bacias de drenagem. Essas características são intensificadas pelas alterações ambientais e intervenções urbanas produzidas pelo homem, como a impermeabilização do solo, a retificação dos cursos d'água e a obstrução no escoamento dos canais devido a obras ou assoreamento (TUCCI, 2003).

No município de São Gonçalo, o processo de urbanização em curto período também ocasionou a falta de infraestrutura condicionada, assim, à valoração desigual do espaço urbano. As mudanças nas características naturais das bacias hidrográficas e na rede de drenagem como retificações, canalizações e as alterações no balanço hidrológico pelo processo de impermeabilização dos solos vêm causando aumento da intensidade e magnitude das inundações. Os geossistemas urbanos, como o da bacia hidrográfica do rio Alcântara, estão inseridos na realidade dos corpos hídricos do Brasil, em estado de alta degradação ambiental.

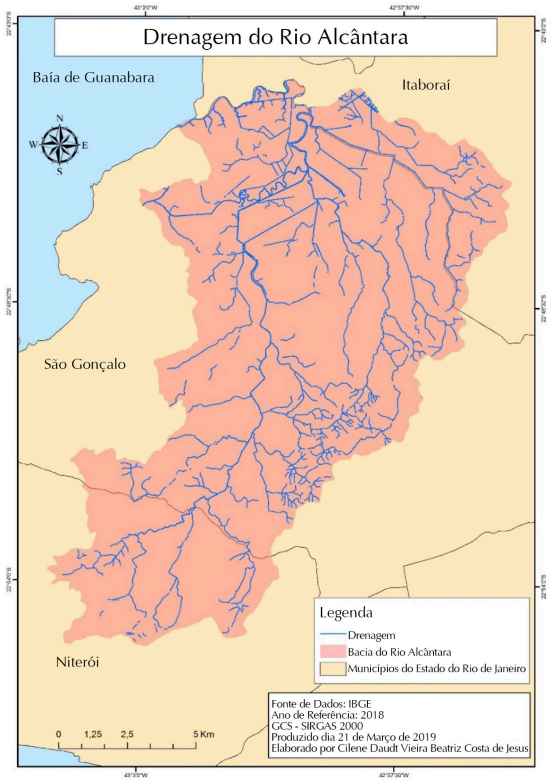
A presente pesquisa, oferece subsídios para uma pesquisa detalhada da morfologia do canal principal, identificando as características geomorfológicas da área e a interferência do homem nesses ambientes. Busca entender como as características naturais do relevo, o uso do solo e as rupturas de declive podem interferir na existência de áreas suscetíveis a inundações ao longo do perfil longitudinal.

Diante dessa realidade, a presente pesquisa faz-se necessária para o melhor entendimento dos impactos causados pela ocupação irregular, principalmente por colocar em risco uma grande quantidade de pessoas que residem nos ambientes urbanos de alto risco de serem atingidos pelo fenômeno das inundações. Assim, torna possível a identificação de áreas de maior suscetibilidade a processos naturais que são potencializados nos ambientes urbanos.

ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é a bacia hidrográfica do rio Alcântara (figura 1), que está situada, em sua maior parte, no município de São Gonçalo e apresenta sua nascente no município de Niterói, e uma pequena parcela localizada em Itaboraí. A bacia hidrográfica está inserida na Região Hidrográfica V – Baía da Guanabara (INEA, 2014). Os municípios estão localizados na Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro, na porção leste da Baía de Guanabara.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica



Fonte: Vieira, 2019

A área de drenagem da bacia do rio Alcântara é em torno de 198 km², tendo seu canal principal cerca de 29 km. As principais sub-bacias do rio Alcântara são: rio Guaxindiba e rio Goiana (Plano de Desenvolvimento Metropolitano – FUNDREM, 1982).

A bacia do rio Alcântara é atravessada por importantes rodovias, como a RJ-104 e BR-101. Trata-se de uma região onde prevalece o uso do solo para a ocupação urbana, no geral de alta de densidade. Tal fato confere à bacia a característica de uma bacia hidrográfica urbana, com grau bastante acentuado de degradação dos condicionantes naturais, com vertentes bastante ocupadas, intensa impermeabilização do solo, ocupação nas margens dos canais e intervenções diretas com obras de engenharia sobre a bacia.

No alto curso da área da bacia do Alcântara, o relevo mais escarpado se localiza na parte sul da bacia, já dentro do município de Niterói, na Serra Grande e do Malheiro, correspondendo às nascentes das sub-bacias dos rios Sapê, Pendotiba e Muriqui, que compõem o rio Alcântara a jusante. O uso da terra é marcado pela ocupação urbana pouco densa e áreas com manchas verdes descontínuas de Mata Atlântica.

Já no médio curso, as sub-bacias dos rios das Pedras, Colubandê, Mutondo e Alcântara apresentam gradientes suaves (abaixo de 0,10) excetuando as porções restritas aos altos cursos de cada uma das sub-bacias. São áreas densamente urbanizadas com a presença de grandes empreendimentos imobiliários, comerciais e elevado percentual de ocupação da margem do rio principal.

O baixo curso da bacia do rio Alcântara constitui uma baixada de sedimentação fluviomarinha, apresentando uma grande planície de inundação dos rios Alcântara e Guaxindiba. Essa área é caracterizada como Zona de Interconexão Artificial de Canais (ZIAC). Essa área sofre a influência do movimento das marés, com o refluxo das águas oceânicas para o interior do continente que agravam os eventos de inundações na área.

A bacia hidrográfica do rio Alcântara é a maior do município de São Gonçalo, cujo rio principal é o objeto de estudo do presente trabalho, que recebe o nome de rio Alcântara, possui cerca de 29 km de comprimento. Quanto à geometria, a referida bacia possui forma alongada, associada a um padrão de drenagem dendrítico. Os principais cursos de água dessa bacia são os rios: Guaxindiba, Alcântara, Pendotiba, Sapê, Muriqui, Pedras, Colubandê, Mutondo, Camarão, Monjolos e Goiana.

Figura 2 – Fotos ao longo da bacia do rio Alcântara

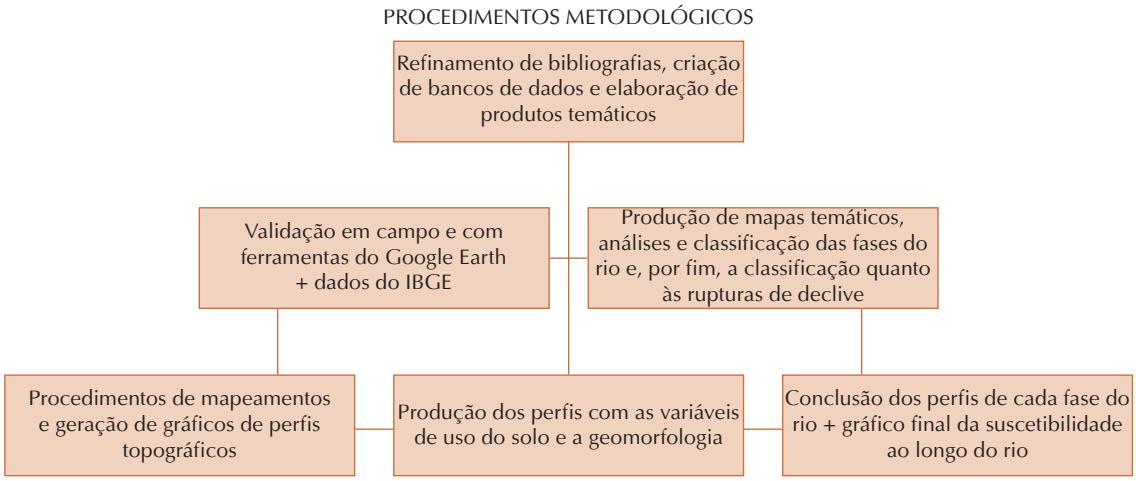
Fonte: Acervo pessoal

A bacia do rio Alcântara possui as características de uma bacia altamente antropizada. São diversas as intervenções realizadas em seu interior, como ocupação das vertentes, retirada da vegetação, retificações e ocupação nas margens do canal, além do lançamento de lixo e efluentes diversos ao longo deste. Em grande parte da bacia, muitos cursos de água são canalizados de forma subterrânea, em função de construções de arruamentos, moradias e estradas.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para a presente pesquisa consiste numa análise de conceitos e procedimentos empregados no desenvolvimento da caracterização morfológica da calha do rio e explicando a correlação com as inundações, com foco na bacia do rio Alcântara no município de São Gonçalo (RJ).

Salienta-se que a metodologia e os procedimentos adotados consistem no refinamento de propostas de desenvolvimento de caracterizações do perfil longitudinal e hidrológicas da bacia em análise. Nesse sentido, busca-se o aprimoramento das características da geomorfologia fluvial da área e as suscetibilidades à ocorrência de inundações ao longo da calha do rio.



Fonte: O autor

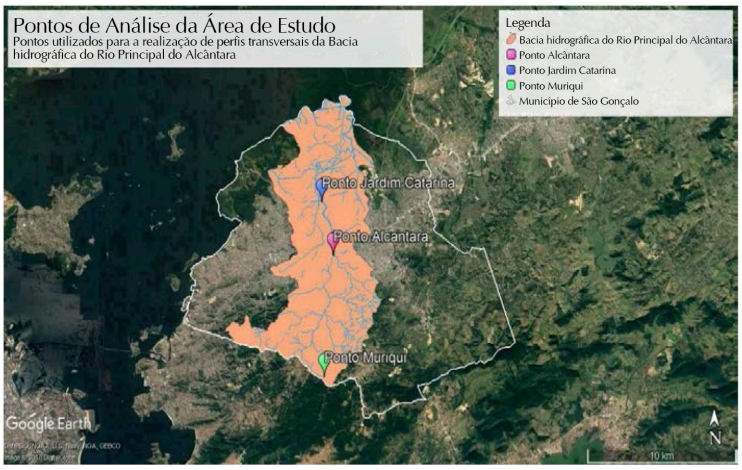
A etapa seguinte, de aquisição e formação das bases de dados, trabalha com a cartografia como importante instrumento de suporte para a análise geográfica em diversas aplicações. O presente estudo adota como metodologia a análise digital. O geoprocessamento é um conjunto de geotecnologias que atualmente são de extrema relevância no uso de qualquer tipo de análise ambiental. No caso das pesquisas ambientais e socioambientais, a geotecnologia torna-se fundamental, à medida que garante a operacionalidade das análises complexas inerentes a esse tipo de avaliação integrativa.

A organização e compilação dos dados necessários à produção dos mapeamentos gráficos e tabelas foram realizadas por diversas fontes, principalmente instituições públicas, e cedidas de forma gratuita. Posteriormente, esses dados foram processados utilizando *softwares* na plataforma SIG (Sistema de Informação Geográfica) disponibilizados de maneira gratuita, como o Qgis 2.8.3 e o Global Mapper 13, além dos programas privados como o Arcgis 9.3.

Os dados planialtimétricos, como as curvas de nível e a rede de drenagem, foram obtidos através da base cartográfica que serviu do PDBG (Programa de Despoluição da Baía da Guanabara), disponibilizados pela Fundação CIDE. Esses dados foram desenvolvidos a partir de sobrevoo no ano de 1997, servindo de insumo ao desenvolvimento das informações vetoriais na escala de 1:10.000. Outra fonte geradora de dados, principalmente o padrão de relevo, foi cedida pelo CPRM/IPT através de seu banco de dados virtual. Também foram utilizadas as bases cartográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no diretório Geociências, Projeto Rio de Janeiro 1:25.000. E, por fim, a utilização do Google Earth 2018, para a análise da área da bacia hidrográfica e auxílio para a realização do trabalho de campo.

A terceira etapa foi o uso da ferramenta do trabalho de campo, que é de grande relevância para a produção do conhecimento geográfico. Sua importância não está apenas na observação e apresentação dos elementos da paisagem, mas também na compreensão das relações inerentes aos componentes do espaço geográfico. O trabalho de campo foi uma das metodologias escolhidas com o objetivo de estudar com maior detalhe as características geomorfológicas e hidrológicas da região.

Figura 3 – Mapa de localização dos pontos coletados em campo ao longo do rio Alcântara



Fonte: GPS Essentials, 2017 e Google Earth

Os pontos foram escolhidos por apresentarem diferentes realidades ambientais e sociais, mostrando, assim, as diferentes áreas que o rio perpassa. Nessa abordagem, a saída de campo proporcionou a averiguação de áreas que são atingidas por eventos de inundações.

O mapa da rede de drenagem do rio Alcântara foi feito a partir da reconstrução da rede de drenagem. Os canais e suas hierarquias foram delimitados, tanto os perenes quanto os efêmeros, visto que durante os eventos pluviométricos, por serem concavidades, acabam por convergir fluxos de água e sedimentos. O mapa temático foi produzido com as bases de dados do PDBG (Programa de Despoluição da Baía da Guanabara) disponibilizados pela Fundação CIDE (1997) e também foram utilizadas as bases cartográficas do IBGE (2010) com escala de 1:25.000.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura, foram utilizadas as bases cartográficas do IBGE (2010) com escala de 1:25.000 e os dados cartográfico do Leste Metropolitano, realizados pelo DAGEOP/UERJ-FFP (Dinâmicas ambientais e geoprocessamento) com escala de 1:50.000. Foi adotada a metodologia de mapeamento de 100 metros da margem direita e da esquerda, para análise da relação do uso do solo com a ocorrência dos fenômenos de inundação na calha do rio.

Foram estabelecidas 8 classes de uso e cobertura do solo: afloramento rochoso, agropastos, florestas, mangues, solo exposto, água, área urbana e áreas úmidas. Em um segundo momento, foi construído um gráfico do uso do solo ao longo dos 100 metros da calha do rio ao longo de toda a bacia hidrográfica.

Para criação do perfil longitudinal do rio Alcântara, foram realizadas algumas etapas. A primeira delas foi o *download* de MDE 1:25.000 do IBGE, cenas MDE_27463so; MDE_27463no; MDE_27461so; MDE_27454se; MDE_27454ne. Na etapa seguinte, houve a criação de mosaico das imagens; a realização do recorte para o retângulo envolvente da bacia hidrográfica do rio Alcântara. Em uma terceira etapa, foi realizada a extração automática de drenagem; seguida da edição e suavização da drenagem com imagens Sentinel 2, para, assim, realizar melhor ilustração dos gráficos, utilizando as ferramentas do Power Point 2016 para melhor organizá-las e sistematizá-las.

Na construção do gráfico de suscetibilidade à inundação, foram utilizados os dados da construção do perfil longitudinal, correlacionando as variáveis de uso e ocupação do solo, geomorfologia e ferramentas do Google Earth a partir da utilização de dados de geoprocessamento de Costa (2017) e DAGEOP/UERJ-FFP (2017). Para a elaboração final do gráfico, foram utilizadas as ferramentas do Power Point 2016. Assim, foram construídas três classes de suscetibilidade a inundações: baixa (azul); média (amarelo) e alta (vermelho), distinguindo-as em cores ao longo do gráfico para torná-lo mais claro.

Para a construção dos perfis transversais das áreas selecionadas, foram realizadas as seguintes etapas metodológicas: com o uso da ferramenta "Profile Graph" da extensão 3D Analyst do *software* Arcgis 10.2. Para calcular os perfis transversais, foi utilizado o MDE do IBGE, com resolução espacial de 20m. Num momento seguinte, foi utilizado o Power Point 2016, para ilustrá-los com as variáveis geomorfológicas e de uso e cobertura do solo, tornando os gráficos autoexplicativos.

RESULTADOS

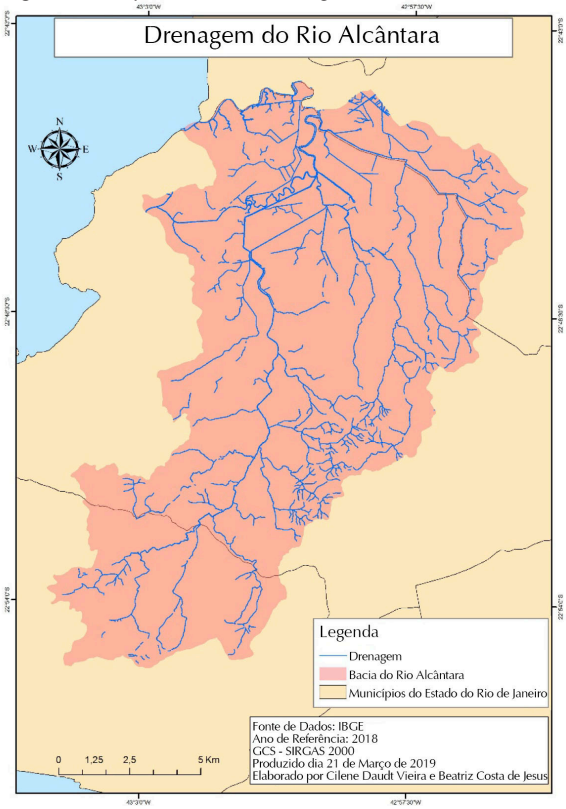
Os resultados obtidos a partir das concepções adotadas por esse trabalho baseadas na metodologia supracitada que têm por intuito a adaptação à realidade urbana das cidades densamente urbanizadas acerca do mapeamento e a construção de perfis geomorfológicos para, assim, identificar quais fatores condicionam a ocorrência das inundações. Esses resultados partem, inicialmente, da interpretação geral da análise sobre o rio Alcântara – como os padrões geomorfológicos, o uso do solo e hidrografia – e, posteriormente, atrelados à suscetibilidade à inundação. Também foram fundamentais para a análise a construção de perfis longitudinais e perfis transversais.

MAPEAMENTO DA REDE DE DRENAGEM

O uso do mapa hidrológico apresenta as principais características e dinâmicas do rio Alcântara, encontradas mediante o uso de SIGs. Dessa maneira, a partir da interpretação de dados geomorfológicos, morfométricos e topográficos, vale-se também da proposta de Dietrich *et al.* (1986), que opta por considerar as linhas de drenagem ou concavidades sem canais, como vales não canalizados.

Para melhor compreensão da dinâmica hidrológica do rio Alcântara, foi realizado o mapeamento da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Alcântara (figura 4), demostrando a rede de drenagem do rio principal e seus afluentes.

Figura 4 – Mapa da rede de drenagem do rio do Alcântara



Fonte: Vieira, 2018

Segundo Silva (2013), com a hierarquização dos canais segundo o critério de Strahler (1952), foram encontrados 143 canais de 1ª ordem, a maior parte nas sub-bacias de 2ª ordem, que estão relacionados à maior altitude. Foram considerados canais de 1ª ordem, concavidades canalizadas ou não. Também foram identificados 39 canais de 2ª ordem, seguidos por 11 canais de 3ª ordem, 2 canais de 4ª ordem e um 1 canal de 5ª ordem. Foi possível também constatar a geometria da bacia de forma alongada e com o padrão de drenagem dentrítica.

Figura 5 – Situação da rede de drenagem

A – Um pequeno canal ainda preservado e com vegetação original no bairro Muriqui; B – Rio principal com a presença de vegetações ao longo do curso de água, atrapalhando a velocidade do fluxo; C – Banco de sedimentos no rio principal, no bairro de Alcântara; D – Rio Alcântara na BR-101, bairro Jardim Catarina.

A bacia possui sua área de maior ocupação no município de São Gonçalo, predominantemente urbano, principalmente por conta da industrialização e das próprias características da urbanização. A bacia localiza-se em uma região densamente povoada, o que contribui, juntamente com as indústrias, para problemas como: falta de saneamento básico; falta de coleta de lixo regular, ocupação desordenada das margens dos rios, assoreamento e redução da infiltração, sendo esses importantes contribuintes para a degradação dos recursos hídricos da bacia do rio Alcântara.

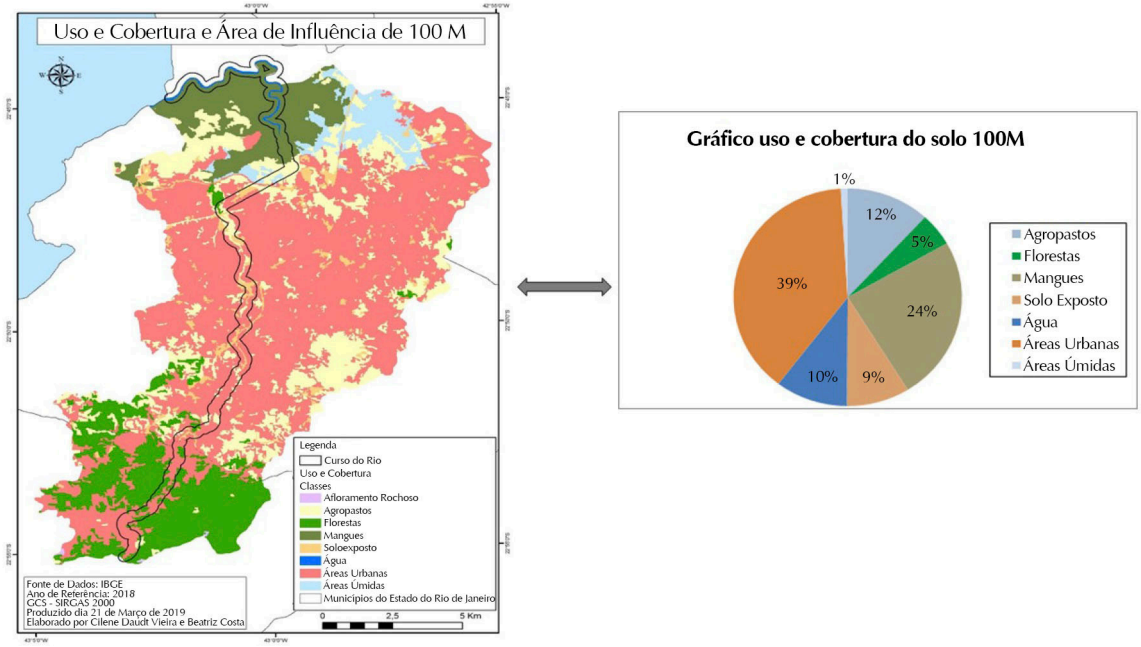
Nesse contexto, além da precariedade de infraestrutura e serviços em grande parte da bacia, destacam-se, na dinâmica desse espaço, as enchentes e inundações em diversos pontos, quando ocorrem eventos pluviométricos de maior intensidade. Nesse sentido, os cursos de água da bacia do rio Alcântara não possuem condições de qualidade da água que possibilitem seu uso para o abastecimento doméstico.

MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DO SOLO

O mau uso do solo pode provocar impactos ao meio ambiente, como os processos de erosão intensa, impermeabilização do solo, perda de biodiversidade, inundações, assoreamentos de reservatórios e cursos d'água (SANTOS, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Alcântara é extensa e localiza-se em grande parte em uma área urbana. É possível observar que, ao longo de seu curso, são constituídos diferentes tipos de ambientes, entre eles, áreas totalmente urbanas, áreas de colinas, mangues, entre outros. Existe outro agente influenciador na dinâmica da bacia: a presença de estradas e pontes. Além disso, a ocupação das margens dos rios contribui para a erosão destas e da bacia como um todo. Sendo assim, o mapa de uso de solo a seguir classifica 8 tipos de classes do uso e cobertura da bacia: afloramento rochoso, agropastos, florestas, mangues, solo exposto, água, área urbana e área úmida.

Figura 6 – A: Mapa de uso do solo com área de influência de 100M. Figura 6 – B: Gráfico do uso e cobertura do solo de 100 metros ao longo do rio principal



Desse modo, nota-se que o uso do solo da bacia hidrográfica do rio Alcântara tem seu uso predominantemente urbano, com destaque para o perímetro do médio curso, em que se encontram áreas com grande adensamento populacional e diversos empreendimentos residenciais e comerciais. O mapeamento realizado sobre os 100m ao longo da calha do rio principal tem como objetivo identificar os principais usos que o solo possui e qual a relação com a geomorfologia, para a existência ou não de áreas suscetíveis a inundações.

A categoria de floresta tem maior destaque no alto curso e no baixo na área do manguezal da Baía de Guanabara. No alto curso, temos a presença de vegetações ciliares, sendo predominantemente arbóreo-arbustivas com mais de 4 metros de altura nos compartimentos e arbóreo-arbustivas com menos de 4 metros. Mais a jusante, há predominância de gramínea nas margens e, em grande parte do médio curso, a vegetação nas margens é inexistente. No baixo curso, a vegetação arbóreo-arbustiva volta a ser predominante, pela existência do ecossistema manguezal.

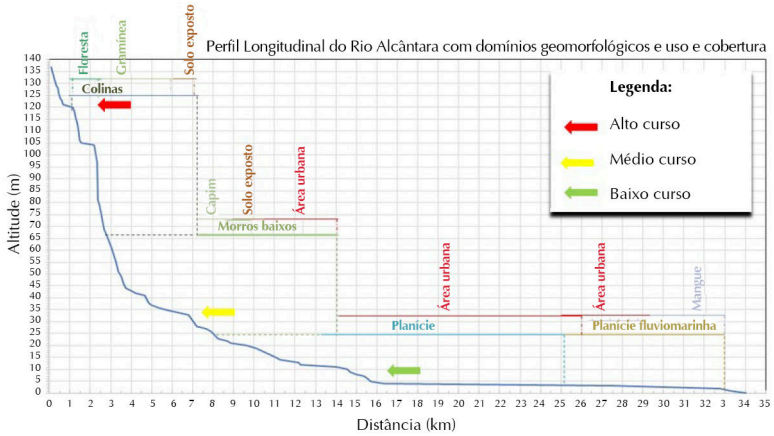
A categoria de solo exposto também recebe destaque devido à sua presença no médio e baixo curso, que corresponde a áreas que foram desmatadas por usos diversos, como mineração, extração ilegal de areia, agropastos e lixões a céu aberto.

PERFIL LONGITUDINAL COM A RELAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA E O USO E COBERTURA DO SOLO

Devido à grande extensão, a bacia hidrográfica percorre áreas que possuem diferentes tipos de relevo, como serras, morros isolados, maciços, colinas e áreas de planície (em grande parte com pequenas ondulações).

As características geomorfológicas e hidrológicas da bacia do rio Alcântara possuem grande diversificação. Os domínios de colinas recebem o uso de florestas devido à presença da Serra Grande e da Serra do Malheiro, que contêm altitudes médias de 250 metros podendo atingir 400 metros, sendo esse o divisor da Serra Grande (município de Niterói). Devido à sua grande declividade, pois, pertence à zona de amortecimento da Serra da Tiririca, e, pelo alto custo das moradias e de vida nessa região do município de Niterói, trata-se de áreas com grandes regiões de preservação da mata nativa. Isso possibilita a manutenção de pequenos afluentes da bacia do rio Alcântara que estejam próximas às suas fisiografias naturais.

Gráfico 1 – Perfil longitudinal correlacionando uso e cobertura do solo com a geomorfologia



Há a presença de moradias na região sendo que grande parte delas são de alto padrão (bairros como Muriqui e Pendotiba). Já caminhando para a jusante, vão aumentando as ocupações por residências e áreas comerciais (bairros como Maria Paula, Tribobó e Sapê). E essas áreas são zonas de transição dos domínios geomorfológicos das colinas para os morros baixos, cujo, começam a se destacar o uso do solo de áreas urbanas com, com pequenas áreas de vegetação nativa, a presença de gramíneas e a influência do uso relacionado a solo exposto.

É no domínio geomorfológico de morros baixos que, em grande parte, se encontra o município de São Gonçalo. Tem seu uso interligado ao capim nas partes mais altas dos morros. O solo exposto exerce influência também nesse domínio, pois, no bairro do Colubandê, tem grande uso para extração de minérios e áreas desmatadas que seriam empreendimentos comerciais e foram abandonadas. Outra classe de uso de destaque é o uso urbano. Englobando os bairros Colubandê e Almerinda, esse compartimento é composto por áreas urbanas de uso residencial com verticalização moderada, contando, inclusive, com condomínios construídos sobre terrenos marginais do rio Alcântara.

Os domínios de planícies possuem o uso ligado a áreas urbanas e o mangue. O médio curso apresenta o principal centro econômico do município de São Gonçalo, o bairro Alcântara. Esse compartimento apresenta urbanização densa, articulando as funções residencial, comercial e de serviços. Mas a jusante compreende a área de urbanização mais densa da bacia hidrográfica. Pela margem direita, está o bairro de Jardim Catarina e, pela margem esquerda, o bairro da Trindade. O ambiente de transição para os compartimentos das planícies fluviomarinhas está no novo uso estabelecido a que compete o mais recente loteamento do Jardim Catarina, englobando também o bairro de Itaúna. Nesse compartimento, está localizada a Fábrica de Cimento Portland-Mauá (que possui influência do despejo *in natura* de resíduos sólidos no corpo hídrico). O rio Alcântara, nesse trecho, apresenta-se retificando aumento da velocidade da água ao longo do canal.

O compartimento das planícies fluviomarinhas compreende a parte mais jusante (com proximidades à foz) da bacia. Está situado nos bairros de Palmeiras e Guaxindiba. A intensidade de escoamento e tempo de resposta rápido, suas características morfométricas tornam-na muito suscetível aos processos hidrológicos, pois acumulam fluxos em seu interior e apresentam lençol freático baixo. Esse fato reduz a ocorrência de enchentes e inundações, mas favorece as inundações por tempo de concentração, principalmente nos compartimentos de baixa energia, como os mangues e brejos.

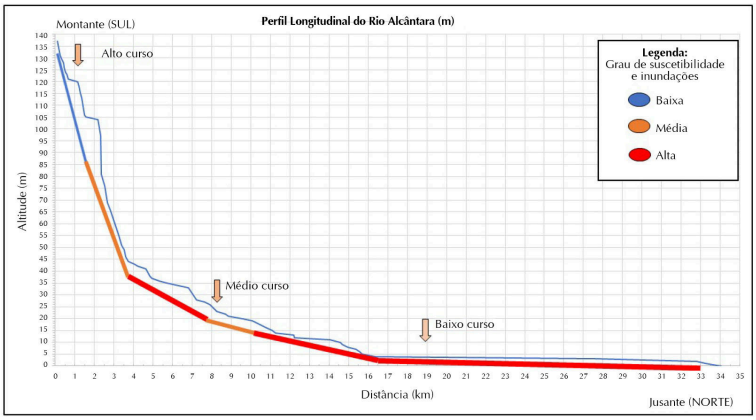
SÍNTESE HIDROLÓGICA DA CALHA DO RIO ALCÂNTARA

As configurações geomorfológicas naturais geram rupturas de declive ao longo perfil do rio, criando ambientes de maior energia onde a água tem tempo de resposta menor, ou seja, tendências maiores de picos de vazão ligados à densidade de drenagem.

Já quanto às configurações dos sistemas das bacias com interferência humana, inúmeros são os elementos que têm contribuído para as eventuais ocorrências, tais como: urbanização desenfreada de áreas de baixa declividade, terrenos impermeabilizantes, desmatamentos a montante, dragagem dos mananciais, dentre outros fatores que favorecem a elevação do nível de base dos talvegues e as possíveis inundações.

Observa-se, assim, que a união desses dois agentes que formam a paisagem e constituem a bacia hidrográfica enquanto um sistema complexo de entrada e saída de energia, a presença mútua deles nos ambientes gera elevado índice de suscetibilidades, promovendo, assim, eventos de inundações de grandes proporções.

Gráfico 2 – Gráfico do perfil longitudinal correlacionando as áreas de maior suscetibilidade ao longo do rio



O gráfico exibe que o alto curso possui um relevo mais íngreme e acentuado. Dessa forma, tal fato indica escoamento mais acelerado no alto curso, com diminuição da velocidade a jusante, o que permite que as águas permaneçam mais tempo dentro das sub-bacias e, em eventos de magnitude acentuada, ocorra o empilhamento das águas que descem mais rapidamente das encostas quando chegam aos locais de menor declividade. Isso pode contribuir para a ocorrência de picos de vazão, o que pode gerar o transbordamento das águas do canal. Porém, com baixa intensidade, devido à grande cobertura florestal existente nas maiores declividades e o menor uso e ocupação do solo para as áreas urbanas.

O médio curso varia de média a alta suscetibilidade a inundações. Esses ambientes apresentam cobertura média a alta de impermeabilização, o que confere grande capacidade de escoamento superficial. Isso potencializa o assoreamento dos corpos hídricos, contribuindo para a diminuição da capacidade do canal nos trechos de baixo curso, via deposição de sedimentos na calha dos rios, e, consequentemente, assoreando, além da deposição de sedimentos nas galerias pluviais, o que resulta na diminuição das capacidades de transportes dos fluxos de água. As obras de engenharia são grandes responsáveis por essa área ser suscetível à inundação, pois, no médio curso, encontra-se o maior centro urbano e comercial do município de São Gonçalo, havendo, assim, a necessidade de maiores infraestruturas urbanas, como pontes, estradas, retilinização dos canais que criam barreiras que dificultam a passagem da água.

No baixo curso, apresenta características naturais de um ambiente mais sensível à ocupação e às intervenções das obras de engenharia, pois acumula água de forma natural em seus compartimentos. O baixo curso é responsável por receber todo volume de água a montante e ainda está sob influência do escoamento provocado pelas sub-bacias de 2ª ordem mais próximas. Nesse contexto, enquadra-se o bairro Jardim Catarina. Diversas famílias que possuem suas residências no perímetro da planície são afetadas pela inundação do rio Alcântara, pois, com a confluência deste com o rio Guaxindiba, a paisagem recebe características de desnivelamento e gradiente de declividade com valores baixos.

Figura 6 – Eventos de inundação ao longo da bacia hidrográfica do rio Alcântara

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dessa pesquisa, nota-se a importância das discussões sobre a ocorrência das inundações em bacias hidrográficas em áreas urbanas, e a interface com as características geomorfológicas e de uso do solo para a ocorrência das inundações.

Nesse sentido, as características geomorfológicas e de uso do solo das sub-bacias permitem inferir, em função dos parâmetros analisados neste trabalho, que existem áreas mais suscetíveis a inundações em função da conjugação diferencial dos parâmetros morfométricos e características da rede de drenagem em determinadas áreas. Destaca-se que as sub-bacias, principalmente as de 2ª ordem, possuem muita dissecação no médio e baixo curso, além da

presença de pontes e estradas, o que possibilita a ocorrência de enxurradas que perdem velocidade na chegada a esses setores, contribuindo para o extravasamento da água. Esse fato está associado à grande presença de canais de 1ª ordem, principalmente no alto e médio curso da bacia do rio Alcântara, que se relaciona ao alto desnivelamento e rupturas de declive encontradas nessas áreas.

A análise do uso e cobertura da terra teve importância significativa na construção da síntese hidrológica. O uso do solo predominante são as áreas urbanas, que propiciam a maior impermeabilização do solo, assoreamento dos canais e retilinização destes. Isso possibilita, assim, que, em eventos pluviométricos de grande escala, ocorram os picos de vazão, ocasionando as inundações.

Dessa forma, o médio e o baixo curso são áreas de captação da bacia, o que proporciona a presença de muitos pontos de confluência do fluxo e afluentes a montante, em direção ao canal tronco coletor. Com isso, aumenta-se progressivamente o volume total de água transportada para jusante, o que torna as áreas de médio e, principalmente, as de baixo curso em ambientes de baixíssima declividade na bacia, muito suscetível a enchentes e inundações. A essa característica, soma-se o uso da ação de represamento das águas dos canais fluviais pelas marés altas, fator balizador e amplificador das inundações.

O uso e a cobertura do solo possuem total influência na ocorrência das inundações. Devido ao fato de a bacia do rio Alcântara encontrar-se, em maior parte, nas áreas urbanas, sua configuração caracteriza áreas suscetíveis a inundações, devido à impermeabilização do solo, ao desmatamento das matas ciliares, à ocupação desordenada das margens dos rios, a obras de engenharia. Todas essas mudanças fisiográficas na paisagem corroboram para maior escoamento superficial, menos infiltração da água no solo e assoreamento dos canais em grande escala. Assim, criam ambientes propícios às inundações urbanas.

Por fim, é importante destacar que foram identificadas as áreas de maior suscetibilidade representadas pelo gráfico 2, a partir da análise feita sobre as variáveis das rupturas de declive (formas naturais da geomorfologia e obras de engenharia), uso do solo e geomorfologia. Foi possível constatar que as áreas de maior suscetibilidade estão no médio curso, em grande parte nas áreas de maior adensamento populacional e a existência de ponte e estradas. No baixo curso, devido a suas baixas declividades, torna-se uma área natural de acumulação de água e, por causa de uma ruptura de declive natural com um morro baixo em Itaúna e uma ruptura antrópica como a construção da BR-101, surgiram empecilhos para a passagem da água, ocorrendo, assim, com maior incidência, inundações. Contudo, preservar as boas práticas de execução aderente às normas, bem como a correta seleção de materiais e realização de manutenções periódicas são atualmente as melhores soluções possíveis a serem aplicadas nos reservatórios das edificações brasileiras. No entanto, as pesquisas acerca dos concretos com capacidade de autocura devem continuar, a fim de que, num futuro próximo, o mercado de engenharia civil atue extraindo o máximo da potencialidade dos materiais aplicados e desenvolvendo projetos que compatibilizem custos, desempenho e sustentabilidade de forma a otimizar os processos e garantir que os usuários conseguirão extrair dos empreendimentos a melhor experiência de utilização e convivência.

REFERÊNCIAS

COSTA, Fabio Henrique Lima. *Estudo da suscetibilidade a inundações na bacia hidrográfica do rio Alcântara (RJ):* subsídios ao desenvolvimento de metodologias para avaliação de enchentes urbanas. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2000a. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. 2ª ed. Brasília, CPRM, 2000. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Projeto-Rio-deJaneiro---Geomorfologica-613.html. Acesso em: junho de 2018.

IBGE. *Base de informações do Censo Demográfico 2010:* resultados do universo por setor censitário. Centro de Documentação e Disseminação de Informações, Rio de Janeiro, 2011.

INEA. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro*. Organização: Coppetec. Rio de Janeiro: SEA; INEA, 2014.

JUNGLES, A. E. (coord.) Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Brasil. 2012. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 94 p. Disponível em: http://150.162.127.14:8080/atlas/atlas.html. Acesso em: 1 set. 2016.

SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Vaza – Barris, Sergipe. *Revista Multidisciplinar da UNIESP:* Saber Acadêmico, São Paulo, n. 10, p. 57-67, 2010.

SILVA, L.O. Avaliação dos parâmetros morfométricos da bacia do rio Guaxindiba – Alcântara (SG/RJ) como subsídio à análise de inundações. 2013. Monografia (Especialização) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2013.

STRAHLER AN. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union*, n. 38, p. 913–920, 1957.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. *Inundações urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: ABRH, 2003.

DADOS DOS AUTORES

Cilene Daudt Vieira (cilenevieira95@gmail.com). Mestre em Geografia pela Universidade do Estado Rio de Janeiro/ Faculdade de Formação de Professores (Uerj-FFP).

Otávio Miguez Rocha Leão (orochaleao@hotmail.com). Professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores do Departamento de Geografia da Uerj-FFP.

Vinicius da Silva Seabra (vinigeobr@yahoo.com.br). Professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores do Departamento de Geografia da Uerj-FFP.

A INSERÇÃO DOS SISTEMAS COMPARTILHADOS NA MOBILIDADE URBANA

Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira Rodrigues

Luiza Arouca Dias

RESUMO: A mobilidade urbana é um desafio enfrentado por diversas cidades do mundo. O crescimento desenfreado observado nos centros urbanos tem levado à poluição, congestionamentos, decaimento da qualidade de vida da população, dentre outras externalidades negativas. Como todas as atividades urbanas estão diretamente ligadas à mobilidade urbana, é fundamental a implantação de medidas mitigadoras a fim de se alcançar uma mobilidade mais sustentável. Na busca por soluções, os sistemas compartilhados de transporte têm ganhando força e propiciado o desenvolvimento de uma nova visão de mobilidade, em que há possibilidade de inseri-los de modo a complementar sistemas existentes, integrá-los aos eixos de transporte público ou ainda atenderem a demandas típicas em que há uma lacuna no atendimento dos sistemas tradicionais. Assim, este artigo objetiva apresentar essas "novas" modalidades e avaliar a aplicação em nichos específicos, como em campus universitário, verificado por meio de um estudo de caso no Cefet/RJ.

Palavras-chave: Mobilidade urbana. Transportes compartilhados. Transporte em universidade.

ABSTRACT: Urban mobility is a challenge faced by cities around the world. The unbridled growth observed in urban centers has led to pollution, traffic congestion, a decrease in the quality of life of the population, among other negative externalities. As all urban activities are directly linked to urban mobility, the implementation of mitigating measures is essential in order to achieve a more sustainable mobility. Given that, the shared transport systems have gained strength and providing the development of a new vision of mobility. This paper aims to introduce these "new" transport systems and to evaluate their applicability in specific niches, such as on a university campus, verified by means of a case study at the Cefet/RJ.

Keywords: Urban mobility. Shared transport. University transport.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o processo de urbanização nas cidades brasileiras se intensificou, provocando profundas transformações no meio ambiente urbano. Com o crescimento da população nas cidades, muitas atividades de comércio e serviço foram realocadas e descentralizadas, evidenciando uma maior necessidade por deslocamento.

Buscando atender a essa demanda, muitas vezes, o desenvolvimento urbano esteve associado ao crescimento do número de veículos particulares. A facilidade de ser um modo de transporte porta a porta e com disponibilidade imediata, aliada a políticas de incentivo à indústria automobilística, fez com que se tornasse hegemônico.

No entanto, a partir do século XXI, esse padrão de mobilidade centralizado no transporte motorizado individual tornou-se insustentável. Por isso, passou-se a buscar alternativas sustentáveis à mobilidade urbana, de forma a priorizar o não motorizado em detrimento do motorizado e o coletivo em detrimento do individual.

Essa busca por soluções no âmbito da mobilidade aliada à mudança de comportamento e novas expectativas do cliente começa a questionar os modelos tradicionais de deslocamentos e trazer novas alternativas, sobretudo com uso de tecnologia.

Nesse contexto, o sistema de transporte compartilhado surgiu e ganhou força, promovendo a qualidade de vida da população por meio do compartilhamento de carros e bicicletas. O foco passou a estar na mobilidade das pessoas e não nos veículos, ao mesmo tempo em que promove uma rede de transporte mais integrada, conectada e eficiente.

Este artigo visa apresentar um estudo acerca da mobilidade urbana e dos sistemas de transporte compartilhados, avaliando a aceitação e a inserção dos modos compartilhados aos deslocamentos tradicionais dos usuários, com foco em nichos específicos, tais como universidades. Um estudo de caso no *campus* Maracanã do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ) elucida tais perspectivas de substituição e/ou complementariedade.

MOBILIDADE URBANA

Segundo Vargas (2008) a mobilidade urbana é designada como a capacidade de deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano para a realização de suas atividades cotidianas em tempo considerado ideal, de modo confortável e seguro, potencializando a troca de bens, serviços, cultura e conhecimento.

Além disso, está diretamente ligada a todas as atividades urbanas, visto que é um fator fundamental para o uso e a ocupação do solo, a inclusão social e o desenvolvimento econômico, sendo os deslocamentos imprescindíveis para sua realização.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2018), atualmente, 55% da população mundial vive em áreas urbanas e as projeções são de 68% para 2050, sendo esperado um acréscimo de 2,5 bilhões de pessoas. Com isso, espera-se que a demanda global por mobilidade nas áreas urbanas dobre nesse intervalo, alcançando 48,4 trilhões de passageiros-quilômetros por ano (ARTHUR D. LITTLE; UITP, 2018).

Em consequência dessas transformações, a pressão sobre os atuais sistemas de transporte deverá aumentar, agravando o problema de mobilidade nas cidades. Portanto, torna-se fundamental pensar em soluções que visem ao desenvolvimento urbano sustentável e que possibilitem a coexistência de diferentes modos de transporte.

Para alcançar a mobilidade urbana sustentável, é necessário que haja mudanças estruturais, planejadas a longo prazo e envolvendo todos os segmentos da sociedade e esferas de governo. Para isso, é preciso adotar uma política que oriente e coordene esforços, planos, ações e investimentos a fim de garantir à sociedade o direito à cidade com equidade social, maior eficiência administrativa, ampliação da cidadania e sustentabilidade ambiental (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015).

Nas cidades brasileiras, o processo de urbanização não estava ocorrendo de modo sustentável, de modo que, buscando reverter esse cenário, em 2012, o governo federal criou a Lei da Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012). Nela são estabelecidos os princípios, as diretrizes e os objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU).

Por meio dessa legislação, passa-se a exigir que os municípios brasileiros com mais de 20 mil habitantes elaborem e apresentem um plano de mobilidade urbana. Esses devem ser desenvolvidos de forma participativa e transparente, garantindo que as reais necessidades da população sejam atendidas e o acesso aos meios de deslocamento disponíveis na cidade

se torne universal, priorizando o transporte não motorizado e o coletivo e desestimulando o uso do automóvel.

A mobilidade combinada tem se mostrado uma alternativa promissora que vai ao encontro do proposto pela PNMU. Essa é uma visão ampliada da tradicional rede integrada, em que são considerados os modos tradicionais de transporte público interagindo com novas soluções.

SOLUÇÕES COMPARTILHADAS

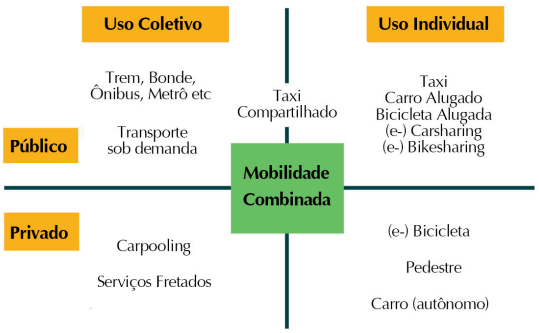
No decorrer dos anos, com o crescimento das cidades, aumento do número de veículos particulares e de diversas externalidades negativas, mostrou-se necessário rever a forma como as cidades estavam se desenvolvendo.

Ao mesmo tempo, a economia do compartilhamento cresceu, impulsionada pelas gerações mais jovens que cada vez mais buscam compartilhar em vez de possuir. No âmbito da mobilidade urbana, a Associação Internacional de Transporte Público (UITP, 2016) destaca, por exemplo, a tendência mostrada por essas gerações de serem menos interessadas em possuir um carro ou obter a carteira de habilitação.

Nesse contexto, os sistemas de veículos de uso compartilhado ganharam grande importância no panorama internacional, uma vez que ampliam a diversidade dos modos de transporte ofertados e, consequentemente, da possibilidade de integração intermodal.

Portanto, a chave para a mudança de comportamento das viagens dos cidadãos é a mobilidade combinada. Segundo o UITP (2011), esta é resultado da complementação de um serviço de transporte público bem estruturado com modelos alternativos (*carsharing*, *bikesharing*, *carpooling* e táxis compartilhados), bem como com a caminhada (Figura 1).

Figura 1 – Combinação das diversas soluções de mobilidade



Fonte: Adaptado de UITP (2016)

Carpooling

O *carpooling* é o modo mais comum de *ridesharing* (partilha de viagens). Olsson, Maier e Friman (2019) o definem como um arranjo entre duas ou mais pessoas que desejam compartilhar o uso de um veículo de propriedade privada em uma viagem ou parte dela. Usualmente, seus integrantes possuem origens e destinos iguais ou semelhantes. Nesse sistema, os passageiros costumam contribuir com as despesas do motorista, mas não há objetivo de fins lucrativos.

Os deslocamentos casa-trabalho e casa-escola/universidade são os que causam maior impacto no sistema de transporte. Por esse motivo, o sistema de *carpooling* tem sido estudado e implementado em diversas empresas, universidades e outros polos geradores de viagens. Inclusive, esta tem sido uma das medidas mais promovidas nos planos de mobilidade de empresas, complementando o serviço de transporte público (PETZHOLD, 2016).

Neoh, Chipulu e Marshall (2015) apontam que o *carpooling* oferece benefícios ambientais, econômicos e sociais, visto que, com a redução do uso de automóveis nesses deslocamentos, há redução da emissão de carbono, de congestionamentos, de custos com deslocamento e do uso ineficiente do solo. Ao mesmo tempo, faz uso da infraestrutura existente, não requerendo muitos investimentos do poder público, além de ser uma alternativa viável a outros modos de transporte.

Tavory, Trop e Shiftan (2019) apontam que a principal barreira para o *carpooling* é o medo de partilhar a viagem com pessoas desconhecidas. Outras grandes barreiras incluem a falta de informação, a crença de que não há outras pessoas realizando o mesmo caminho, o uso do carro como um hábito e a percepção do carro como uma extensão do lar.

Correia e Viegas (2011) afirmam que os programas organizados de *carpooling* ajudam a superar essas barreiras psicológicas e de agendamento de caronas. A primeira está associada a andar com pessoas desconhecidas, enquanto a segunda se refere à pouca flexibilidade de reprogramação caso os participantes precisem modificar os seus horários ou localização.

Carsharing

Na literatura, há uma diversidade de definições para o sistema de *carsharing*, mas, de forma geral, este se caracteriza por um veículo estar disponível para o uso de diversas pessoas. Distingue-se do *carpooling*, pois não há necessariamente mais de uma pessoa no veículo ao

mesmo tempo, além de serem serviços oferecidos com fins lucrativos.

Segundo Shaheen e Cohen (2013), a redução dos custos é a principal motivação para a utilização desse tipo de serviço. Esse fator está relacionado aos benefícios oferecidos pela possibilidade do uso de um veículo particular sem a preocupação com os gastos inerentes, transformando custos que seriam fixos em variáveis. Também foram mencionados em estudo dos autores a consciência ambiental e a conveniência dos locais, o uso e o acesso como motivadores.

Já os fatores constantemente associados à questão ambiental destacados por Trépanier *et al.* (2013) são a redução da propriedade de automóveis, de quilometragem percorrida por veículo e da emissão de gases poluentes na atmosfera, bem como uma mudança comportamental dos usuários, que são incentivados a utilizar modos de transporte ativo e coletivo.

Litman (2015) acrescenta que, ao reduzir o número de automóveis por indivíduo, o *carsharing* colabora com a gestão da demanda de transporte. Dessa forma, ajuda a reduzir os congestionamentos, a demanda por estacionamentos, os custos com infraestrutura rodoviária, o número de acidentes, o consumo de recursos e outras externalidades negativas causadas pelo uso do automóvel. Esses benefícios são mais perceptíveis em regiões de maior densidade, onde o compartilhamento de carros é mais viável e os custos com automóveis particulares são maiores.

O papel do *carsharing* como importante elemento na complementação dos sistemas modais de uma cidade é ressaltado por Hidalgo Junior (2015). Por alcançar destinos de média e longa distância, o sistema de compartilhamento proporciona mais escolhas de acessibilidade, atendendo viagens que requeiram exclusivamente o uso do automóvel ou lugares onde o transporte público é ineficiente ou inexistente.

Bikesharing

Segundo o ITDP (2018), esse sistema de compartilhamento permite que qualquer pessoa possa pegar uma bicicleta em determinado local e devolvê-la em outro, removendo as complicações de se ter e manter uma bicicleta pessoal, ao mesmo tempo em que oferece uma modalidade conveniente e ecológica para viagens curtas.

De acordo com Li e Kamargianni (2018), os benefícios proporcionados pelo *bikesharing* são numerosos: evitam problemas de estacionamento e manutenção de bicicletas particulares; oferecem conexões mais convenientes ao transporte público; reduzem o tempo de viagem e os custos nos centros das cidades; melhoram a saúde e a qualidade de vida das pessoas; e ampliam as oportunidades sociais e de lazer da população.

Fishman *et al.* (2014) destacam que as principais barreiras para a utilização desses sistemas são os fatores relacionados à conveniência do uso do automóvel, principalmente para as longas distâncias, e o receio de andar de bicicleta na pista junto com os demais veículos, devido à falta de segurança. Por isso, Midgley (2009) ressalta a importância da existência de uma rede cicloviária extensa e contínua pelas cidades, a fim de propiciar maior segurança viária e, consequentemente, o sucesso desses programas de compartilhamento.

Por sua vez, An *et al.* (2019) apontam que o uso do *bikesharing* é fortemente influenciado pelas condições climáticas e pela topografia. O primeiro está relacionado à vulnerabilidade do ciclista frente às variações climáticas, que podem resultar na redução do número de viagens por bicicleta ou na duração das mesmas. No segundo caso, terrenos mais acidentados podem desestimular o uso deste modo, já que dependem do esforço do usuário.

A MOBILIDADE EM *CAMPI* UNIVERSITÁRIOS

O gerenciamento da mobilidade é um conceito que pode ser aplicado a qualquer área geográfica. De acordo com Goldner, Beppler e Prim (2012), em uma cidade, um *campus* universitário destaca-se por ser um importante Polo Gerador de Viagens (PGV), já que geralmente atrai uma grande quantidade de pessoas por meio de diversos modos de transporte, produzindo impactos significativos no entorno, especialmente quando localizados em áreas urbanas adensadas e com sistema viário com limite de capacidade.

Ferreira e Silva (2012) ainda ressaltam a importância desse ambiente para a promoção de práticas de transporte sustentáveis em virtude do público que o frequenta. Geralmente é composto por pessoas jovens, que são menos relutantes à mudança de hábitos e propensas a aceitar novos conceitos e estratégias de mobilidade. Além disso, no futuro, são essas mesmas pessoas que terão papéis ativos em diversas instituições, sendo responsáveis pela gestão da mobilidade urbana.

Tendo em vista essa relevância dos *campi* universitários, buscou-se apresentar a aplicação existente dos modos compartilhados nesse nicho ao redor do mundo (Quadro 1).

Quadro 1 – Aplicação de modos compartilhados em *campi* universitários

Universidade	Localização	*Carpooling*	*Carsharing*	*Bikesharing*
Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT)	Estados Unidos	Benefício nas taxas de estacionamento no *campus* e parceria com empresas de *ridesharing*	Uber, Lift e ZipCar (13 veículos locados no interior do *campus*)	Blue Bikes (14 pontos no *campus* e seus arredores)
Universidade de Melbourne (UoM)	Austrália	CarpoolWorld	Uber e GoGet (10 pontos no *campus* e arredores)	Melbourne Bike Share (2 pontos no *campus*)
Universidade de Hamburgo (UHH)	Alemanha	CarpoolWorld	Car2Go, DriveNow, Cambio e Flinkster	StadtRAD Hamburg (4 pontos no *campus* e seus arredores)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Brasil	Aplicativo Caronaê	Uber e 99Taxi	Integra UFRJ (8 pontos no interior do *campus*)

Fonte: Elaborado pelas autoras (2019)

Conforme exposto no Quadro 1, percebe-se a aplicabilidade de diversos modelos de compartilhamento em *campi* universitários.

ESTUDO DE CASO

O Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ) é uma instituição federal de importância no Rio de Janeiro, responsável pela geração de diversas viagens diariamente. Por essa razão, buscou-se, por meio da realização de uma pesquisa de opinião, compreender a mobilidade no *campus* Maracanã, bem como o conhecimento, a aceitação e a utilização dos sistemas compartilhados por parte das pessoas que o frequentam.

Caracterização do *campus* Maracanã

Atualmente, oferece cursos técnicos integrados ao ensino médio, técnicos subsequentes, de graduação e de pós-graduação *lato sensu* e *stricto sensu* (mestrado e doutorado). Os cursos são ofertados nos turnos da manhã, tarde e noite, que correspondem, respectivamente, aos horários das 7h às 12h30, das 12h30 às 18h15 e das 18h20 às 21h50.

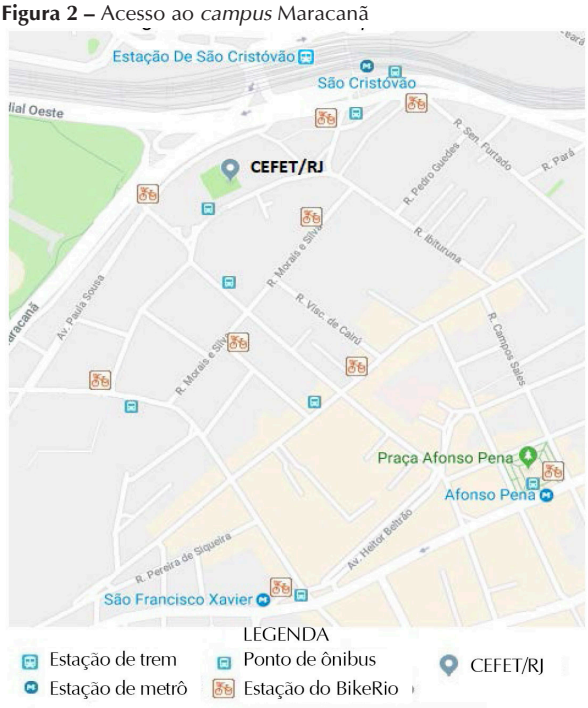
O *campus* Maracanã possui duas entradas, uma na Avenida Maracanã e a outra na Rua General Canabarro. Nas redondezas, localiza-se a estação de trem de São Cristóvão, onde é possível ter acesso direto aos 5 ramais ofertados pelo sistema ferroviário, estações de metrô da Linha 1 e da Linha 2, assim como diversos pontos de ônibus que permitem o acesso a linhas municipais e intermunicipais. Na Figura 2, destacam-se os principais pontos de acesso à instituição.

Além de o Cefet/RJ ser atendido por diversos modos de transporte público, a Figura 2 ainda evidencia a existência de vários pontos do sistema de bicicletas compartilhadas do Rio de Janeiro nas suas redondezas.

Nas dependências do *campus* também existem dois bicicletários à disposição dos alunos e servidores, assim como algumas vagas de estacionamento, gratuitas, que podem ser utilizadas pelos servidores.

No entanto, a instituição ainda carece de ferramentas que aliem a tecnologia à mobilidade urbana, como um aplicativo de carona compartilhada. O que ocorre, muitas vezes, é uma organização informal por parte de seus membros.

Figura 2 – Acesso ao *campus* Maracanã



Fonte: Adaptado de Google Maps (2018)

Formulação da pesquisa de opinião

O Cefet/RJ possui um público heterogêneo, por isso, optou-se por dividir a sua população em três grupos com categorias similares, como apresentado a seguir, e calcular um tamanho de amostra para cada um dos grupos. Desse modo, buscou-se garantir a participação de todos na pesquisa e, consequentemente, uma boa representatividade do público frequentador do *campus* Maracanã.

- Alunos do curso técnico (população de 2.957 pessoas);
- Alunos da graduação e da pós-graduação (população de 3.469 pessoas);
- Servidores (população de 867 pessoas).

O método adotado para quantificação foi o de amostragem aleatória simples e considerou um erro amostral de 6,6%. Com o intuito de alcançar os resultados necessários, a pesquisa de opinião foi realizada por meio digital e presencial. O formulário digital, elaborado na plataforma Google Forms, foi divulgado entre alunos do técnico e da graduação no período de 27 de junho a 3 de julho de 2018 e recebeu 128 respostas. Já o restante das respostas foi obtido por meio de pesquisa presencial aplicada na instituição em diversos dias e horários, conforme apresentado a seguir, objetivando-se alcançar os mais diversos frequentadores:

- 28 de junho de 2018, das 10h30 às 14h30 e das 20h às 21h30;
- 29 de junho de 2018, das 15h30 às 18h;
- 03 de julho de 2018, das 19h às 21h30;
- 04 de julho de 2018, das 18h às 20h;
- 1º de agosto de 2018, das 8h às 11h e das 16h às 18h.

Dessa forma, alcançou-se um total de 621 respostas, que correspondem a 219 estudantes do curso técnico, 220 alunos da graduação e da pós-graduação e 182 servidores.

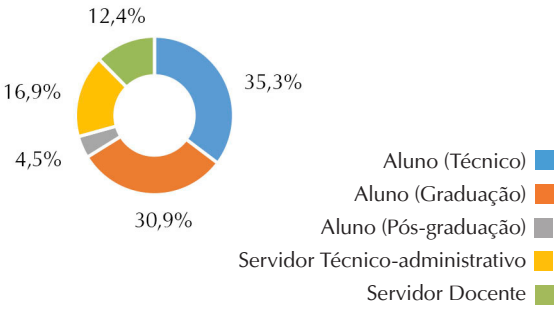
O formulário aplicado buscou pontuar a caracterização da amostra; a identificação dos padrões de comportamento nas viagens realizadas para chegar e sair do Cefet/RJ; a compreensão da familiaridade dos entrevistados com os sistemas compartilhados; a aceitabilidade destes e os fatores que os levariam a passar a utilizá-los, considerando o sistema de bicicletas compartilhadas, de carona e o sistema de *carsharing*, sendo exemplificado pelo sistema do tipo UberPool, atualmente chamado de Uber Juntos.

RESULTADOS

Caracterização da amostra

A amostra se caracteriza por uma maior participação de homens (60%) e por ser um público jovem, em que mais de 70% dele possui até 30 anos. Isso se deve, principalmente, à grande parcela de alunos que participaram da pesquisa, como evidenciado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Categorias no Cefet/RJ



Fonte: Elaborado pelas autoras (2018)

Houve uma boa representação de pessoas de todos os turnos, devido à aplicação da pesquisa em diversos horários. Deve-se ressaltar que metade dos entrevistados permanece por mais de um turno no Cefet/RJ, o que pode vir a gerar comportamentos distintos de chegada e saída, além de a maioria frequentá-lo cinco vezes por semana (72,5%).

Quando questionados sobre suas origens e destinos, obtiveram-se 124 respostas distintas. Desse modo, foi possível perceber a referência que a instituição representa no Rio de Janeiro, uma vez que atrai pessoas de diversas partes do município, assim como de municípios adjacentes. No entanto, isso faz com que aproximadamente 70% do seu público gastem mais de 30 minutos se deslocando para acessar o campus Maracanã, sendo a maior parcela composta por aqueles que gastam mais de uma hora (30%).

Quanto ao modo de transporte utilizado para acessar o Cefet/RJ, o transporte coletivo é o que mais se destaca, com 74%, sendo o ônibus o principal deles (31%). Em seguida, aparece o transporte motorizado individual, com 19%, e o não motorizado, com 7%.

Em relação ao transporte motorizado individual, o carro é o mais utilizado (14%), enquanto os compartilhados têm uma participação inferior a 2%. O pequeno aumento percentual no uso de táxi, Uber, 99 e etc. na saída se deve aos indivíduos que frequentam o turno noturno e que utilizam o transporte público para chegar ao *campus*, mas optam por trocá-lo ao ir embora.

Já a carona corresponde a 3,1% das chegadas e 1,9% das saídas. Destas, as viagens de chegada se caracterizam, em quase 60% por pessoas que frequentam o turno da manhã e que retornam de transporte público. Possivelmente, estas tenham o hábito de pegar carona com fa-

miliares que estão se dirigindo ao trabalho. Por outro lado, cerca de 83%, das viagens de saída realizadas por carona são feitas por alunos da graduação que frequentam o turno noturno.

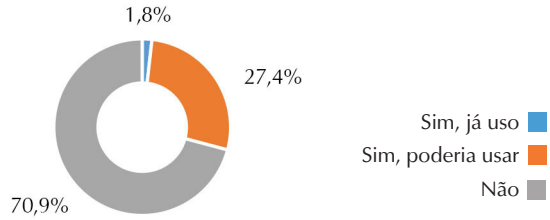
A maior parte do modo não motorizado se deve aos deslocamentos realizados a pé, aproximadamente 6%, demonstrando uma participação ínfima do modo cicloviário.

Resultados relacionados à bicicleta compartilhada

Apesar de as bicicletas compartilhadas estarem presentes no Rio de Janeiro há alguns anos e, inclusive, apresentar várias estações na área do entorno da instituição, 45,1% dos entrevistados disseram não conhecer o sistema. No entanto, 27,5% dessa parcela mostrou-se disposta à possibilidade de usá-lo.

De acordo com a pesquisa, conforme apresentado no Gráfico 2, apenas, aproximadamente, 2% dos entrevistados já utilizam o sistema de bicicletas compartilhadas para acessar a instituição, tendo estes como origem e destino bairros adjacentes.

Gráfico 2 – Pessoas que utilizariam bicicleta compartilhada nos deslocamentos ao *campus* ou em parte deles



Fonte: Elaborado pelas autoras (2018)

Quanto aos entrevistados que demostraram não ter interesse em utilizá-las, menos de 20% realizam deslocamentos para bairros próximos, como Tijuca, Centro, Vila Isabel, Maracanã, Grajaú, São Cristóvão, dentre outros. No entanto, essa parcela é significativa, pois representa mais da metade das pessoas que se deslocam para esses bairros, ou seja, dos potenciais usuários.

Vale ressaltar que cerca de 17% dos indivíduos que não têm interesse pelo sistema e deslocam-se a bairros próximos caracterizam-se por gastar até 10 minutos a pé. É provável que essa negativa se deva por se tratarem de viagens muito curtas, em que não haja inclusive número de estações suficiente entre a origem e destino que viabilize o uso do sistema.

Essa baixa representatividade dos usuários das bicicletas compartilhadas e a existência de uma significativa fração que não as utilizaria possivelmente estão relacionadas ao fato de não haver uma rede cicloviária extensa e contínua pela cidade, que proporcione uma maior segurança aos usuários, de forma que acabam optando por outros modos de transporte.

Já em relação à parcela que respondeu que poderia usar este sistema em seus deslocamentos ou em parte deles, notou-se que quase 60% tem como origem ou destino bairros mais afastados do *campus* ou até outros municípios. Porém, a maioria desses bairros não possui uma infraestrutura cicloviária adequada, nem estações de *bikesharing* implantadas, além de a bicicleta ser ideal para viagens de distâncias curtas. Dessa forma, evidenciou-se uma linha de desejo por parte dessas pessoas em utilizar esse sistema de compartilhamento para complementação do transporte público coletivo, já que mais de 90% delas faz uso deste.

Além disso, identificou-se que 40% das pessoas que realizam viagens para bairros próximos ao *campus*, com veículo particular, estariam dispostas a substituí-lo pela bicicleta compartilhada, sendo que 67% delas caracterizam-se por realizar essas viagens 5 vezes na semana.

O uso da bicicleta depende de características pessoais, como habilidade motora e preparo físico, muitas vezes ligada à idade, e pôde-se perceber que 80% de quem demostrou que poderia utilizar a bicicleta compartilhada possui até 30 anos.

Resultados relacionados ao compartilhamento de veículos

Apesar do conceito de carona ser antigo e, de certa forma conhecido, verificou-se que apenas 32,5% dos entrevistados conhecem algum sistema de compartilhamento de carona. Isso demonstra o quanto esses serviços, que atualmente utilizam plataformas e aplicativos, ainda são pouco difundidos entre os membros da instituição, fazendo com que, muitas vezes, a organização da carona ocorra de maneira informal.

A pesquisa apontou que apenas cerca de 35% dos entrevistados possuem veículo particular, sendo que somente 40% dessa parcela tem o hábito de utilizá-lo para acessar o Cefet/RJ. A categoria que mais se destacou pelo seu uso, com 45%, foi a dos servidores docentes, representando 55% desse público. Inclusive, o fato de a instituição disponibilizar vagas de estacionamento gratuitas para os servidores pode estar servindo de incentivo ao uso do automóvel.

Desses docentes que utilizam veículo particular para acessar o *campus*, seja este auto-

móvel seja motocicleta, aproximadamente 60% costumam oferecer carona eventualmente. Cerca de 57% estão dispostos a adotar esse sistema, sendo os principais motivadores a segurança (54%) e a redução de custo (25%).

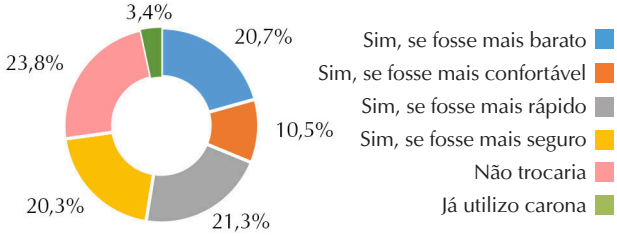
Em relação ao UberPool, esses entrevistados se mostraram mais reticentes, uma vez que aproximadamente 64% demostraram que não trocariam o seu veículo por este. Isso possivelmente está associado ao fato de não desejarem dividir a viagem com pessoas desconhecidas, já que 74% dessa parcela haviam dito que não ofereceriam carona para desconhecidos.

Ainda quanto às pessoas que utilizam seus veículos para acessar o Cefet/RJ, a participação dos servidores docentes é seguida pela dos alunos da graduação (21%), servidores técnico-administrativos (19%), alunos do curso técnico (9%) e da pós-graduação (6%).

De modo geral, o restante se posiciona no tocante aos sistemas compartilhados de forma similar aos servidores docentes. Quanto às pessoas que não têm interesse em utilizar o UberPool (56%), o percentual dos que não gostariam de dividir a viagem com desconhecidos foi 34% menor. Já sobre a carona, 56% possuem o hábito de oferecê-la eventualmente ou participam de grupos de carona, enquanto cerca de 60% estão dispostos a adotar esse sistema de compartilhamento, tendo em vista, principalmente, a redução de custos (57%).

Com relação às pessoas que utilizam o transporte coletivo em pelo menos um dos deslocamentos de acesso ao campus Maracanã, identificou-se que mais de 80% não costumam pegar carona. No entanto, 63,5% de seus usuários manifestaram que pegariam carona caso precisassem fazer ajustes no horário, como chegar mais cedo ou sair mais tarde. Além disso, quando questionados sobre a possibilidade de substituir o modo de transporte atual por um sistema compartilhado de carona, cerca de 73% se mostraram predispostos a essa troca, por diversos motivos, conforme apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Pessoas que usam o transporte coletivo e o substituiriam por um sistema compartilhado de carona



Fonte: Elaborado pelas autoras (2018)

Dessa parcela que gostaria de usar o sistema de compartilhamento de carona, quase 80% demonstraram não buscar, através desse novo sistema, necessariamente, a realização de deslocamentos porta a porta. Essas pessoas, por serem usuárias do transporte público, geralmente, já precisam se deslocar até seus pontos de acesso para utilizá-lo. Dessa maneira, estão mais propensas a marcarem pontos de encontro em locais próximos à origem ou ao destino e percorrerem o restante do trajeto a pé ou de bicicleta.

Além disso, cerca de 80% da pequena fração que declarou já utilizar carona, caracterizam-se por ser estudantes que gastam mais de meia hora em seus deslocamentos de acesso ao *campus*.

Vale destacar que, no Rio de Janeiro, os alunos do ensino médio da rede pública possuem o direito de solicitar, junto à instituição de ensino, um cartão RioCard de gratuidade para os modos de transporte público. Segundo dados do Cefet/RJ, mais de 75% dos alunos do técnico também cursam o ensino médio na instituição. Isso poderia justificar o fato de os estudantes do curso técnico representarem mais da metade dos usuários do transporte público que não desejam substituí-lo pela carona. Além de esse, quase que em sua totalidade, não possuírem interesse em utilizar o UberPool.

A partir dos resultados da pesquisa, identificou-se que apenas 36% dos entrevistados não pegariam ou ofereceriam carona para pessoas desconhecidas de forma alguma, enquanto mais da metade dos entrevistados estariam dispostos a fazê-lo caso estas também fossem membros do Cefet/RJ. Dessa forma, percebeu-se que as pessoas estão mais propensas a compartilhar carona com pessoas mais próximas e de grupos específicos (mesma empresa, mesma faculdade, mesmo curso) do que com desconhecidos.

Notou-se, inclusive, que, apesar de proporcionalmente as mulheres terem um maior receio de compartilhar viagem com desconhecidos do que os homens – representando, respectivamente, 42% e 32% desses grupos –, isso não foi significativo para que elas deixassem de considerar o compartilhamento de carona. De maneira que não se percebeu uma diferença significativa entre o público masculino (17,5%) e o feminino (19,2%) que não utilizaria o sistema por esse motivo.

Averiguou-se, ainda, que 27% das pessoas contempladas pela pesquisa estariam dispostas a adotar tanto o sistema de carona compartilhada quanto o UberPool. A categoria que mais se destacou foi a dos alunos de pós-graduação,

correspondendo a mais de 46% do total. A maior aceitação do UberPool por esse público possivelmente se deve ao fato de 65% deles frequentarem o Cefet/RJ apenas uma ou duas vezes na semana, sendo mais suscetíveis a optar por um modo de transporte diferenciado em busca de segurança e rapidez.

CONCLUSÕES

A partir da revisão bibliográfica, foi possível verificar a importância da mobilidade urbana no funcionamento das cidades. Quando esta não é implementada de forma efetiva, há reflexos não só no sistema de transportes, mas também nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais, uma vez que todas as atividades urbanas estão diretamente ligadas a ela.

Dada a relevância desse tema, é necessária a busca por soluções de mobilidade que proporcionem uma maior equidade social, assim como ganho de qualidade de vida. Nesse sentido, na tentativa de reinventar os sistemas de transportes, os compartilhados são soluções que estão ganhando espaço e vêm sendo utilizadas a nível global, com distintas aplicações.

Devido à importância dos *campi* universitários nas cidades, em diversos países, os modos compartilhados já são utilizados nesses ambientes como alternativas de mobilidade. Por isso, buscou-se avaliar sua aceitação e inserção no contexto brasileiro.

Por meio do estudo de caso realizado no Cefet/RJ, constatou-se que, por se localizar em uma região com grande oferta de transporte público, a maior parte dos frequentadores do *campus* o utiliza. A participação dos sistemas compartilhados ainda é pouco significativa, mas apresenta um bom potencial de crescimento.

Além disso, observou-se a mudança no perfil dos usurários por meio do interesse de uma parcela em utilizar mais de um tipo de transporte compartilhado, evidenciando que estes estão mais abertos às novas alternativas e buscam os atributos que mais lhe convêm.

O *bikesharing*, se bem projetado e distribuído no município do Rio de Janeiro, junto à uma adequada infraestrutura cicloviária, tem grande potencial de retirar das ruas carros em trajetos curtos e ocupar a lacuna da alimentação falha do sistema de transportes e pode resolver o problema de alimentação da chamada primeira e última milha (*first and last mile*).

O Rio de Janeiro também vem sofrendo com a falta de segurança pública, o que poderia vir a se tornar um empecilho aos compartilhados, no que tange ao compartilhamento de viagens com desconhecidos.

A maior parte dos frequentadores do campus demonstrou interesse por esse modo de compartilhamento. Nesse caso, a barreira relacionada à segurança poderia ser contornada com a criação de um sistema de compartilhamento de carona exclusivo para os membros do Cefet/RJ, como já foi feito em outras universidades. Dessa forma, seria possível ampliar a utilização desse modo, que atualmente fica restrito a pequenos grupos de conhecidos.

Em relação aos sistemas de carsharing tipo UberPool, essa questão da partilha de viagens com pessoas desconhecidas realmente demonstrou ser uma barreira, tanto que muitas pessoas ainda são reticentes em usar essa opção de transporte.

Por fim, é evidente a importância dos parceiros e colaboradores para a consolidação e sucesso dos sistemas. Esses podem ser desde as próprias universidades, como peça-chave na conscientização das opções de transporte e seus impactos, mudando a forma como a sua comunidade pensa sobre seus deslocamentos; passando por instituições que possam se tornar parceiras, oferecendo incentivos aos usuários de automóveis como forma de estimular o compartilhamento das viagens; até o próprio governo, influenciando a mudança de comportamento com a implementação de infraestrutura, políticas públicas e leis que incentivem o uso de outros modos de transporte.

Vale ressaltar que os sistemas compartilhados são soluções que não substituem os sistemas de média e alta capacidade nos eixos estruturantes e aqui são apresentados como forma de atender a nichos específicos de demanda com horários em que não há oferta adequada dos sistemas tradicionais, com intuito de reduzir a utilização do automóvel particular.

REFERÊNCIAS

AN, R.; ZAHNOW, R.; POJANI, D.; CORCORAN, J. Weather and cycling in New York: the case of citibike. *Journal of Transport Geography*, 77, 97–112, 2019.

ARTHUR D. LITTLE; UITP. *Future of mobility* 3.0. 2018. Disponível em: www.adlittle.com. Acesso em: 2 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui diretrizes da Política Nacional de Mobilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 5 jan. 2012.

CORREIA, G.; VIEGAS, J. Carpooling and carpool clubs: Clarifying concepts and assessing value enhancement possibilities through a Stated Preference web survey in Lisbon, Portugal. *Transportation Research* Part A, 45, p. 81–90, 2011.

FISHMAN, E.; WASHINGTON, S.; HAWORTH, N.; MAZZEI, A. Barriers to bikesharing: an analysis from Melbourne and Brisbane. *Journal of Transport Geography*, v. 41, p. 325-337, 2014.

GOLDNER, L. G.; BEPPLER, F.; PRIM, J. Análise da mobilidade em um *campus* universitário. In: PLURIS 2012. Congresso Luso-brasileiro de Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, Brasília, 2012.

HIDALGO JUNIOR, J. M. *As relações das políticas públicas e o uso do solo para sistemas de carsharing*. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

ITDP. Institute for Transportation & Development Policy. *Guia de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas*. 2018. Disponível em: https://itdpbrasil.org/guia-de-sistemas-de-bicicletas-compartilhadas/. Acesso em: 2 ago. 2019.

LI, W.; KAMARGIANNI, M. Providing quantified evidence to policy makers for promoting bikesharing in heavily air-polluted cities: a mode choice model and policy simulation for Taiyuan-China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 111., 277–291, 2018.

LITMAN, T. *Evaluating Carsharing Benefits*. Victoria Transport Policy Institute, Victoria, 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *PlanMob:* – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.

MIDGLEY, P. The Role of Smart Bike-sharing Systems In Urban Mobility. *Journeys*. p. 23–31, May. 2009.

NEOH, J. G.; CHIPULU, M.; MARSHALL, A. What encourages people to carpool? An evaluation of factors with meta-analysis. *Transportation*, v. 44, n. 2, p. 423–447, 2015.

OLSSON, L. E.; MAIER, R.; FRIMAN, M. Why Do They Ride with Others? Meta-Analysis of Factors Influencing Travelers to Carpool. *Sustainability*, 11(8), 2414, 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. *2018 Revision of World Urbanization Prospects 2018*. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html. Acesso em: 2 ago. 2019.

PETZHOLD, G. S. *Mobilidade corporativa:* como engajar organizações brasileiras em prol da melhoria do transporte urbano. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2016.

SHAHEEN, S. A.; COHEN, A. Carsharing and Personal Vehicle Services: Worldwide Market Developments and Emerging Trends. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7:5–34, 2013.

TAVORY, S. S.; TROP, T.; SHIFTAN, Y. Self-organized ridesharing: multiperspective annotated review. *International Journal of Sustainable Transportation*, 1–10, 2019.

TRÉPANIER, M.; MORENCY, C.; NOURI, P.; BRAHAM, A. *Impacts of Carsharing on Urban Mobility: Environmental and Behavioural Evidences. In:* WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, 13., Rio de Janeiro, 2013.

UITP. Union Internationale des Transports Publics. *Policy Brief*: Public Transport at the Heart of the Integrated Urban Mobility Solution. 2016. Disponível em: http://www.uitp.org/public-transport-integrated-mobility. Acesso em: 2 ago. 2019.

UITP. Union Internationale des Transports Publics. *Becoming a Real Mobility Provider – Combined Mobility*: Public Transport in Synergy with Other Modes Like Car-Sharing, Taxi And Cycling. 2011. Disponível em: http://www.uitp.org/becoming-real-mobility-provider-combined-mobility-public-transport-synergy-other-modes-car-sharing. Acesso em: 2 ago. 2019.

VARGAS, H. C. *Mobilidade urbana nas grandes cidades*. Texto completo, encaminhado para publicação na revista URBS, publicado com cortes, sob o título "Mobilidade Urbana". *URBS*, São Paulo, n. 47, ano XII, p. 7-11, 2008.

DADOS DOS AUTORES

Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira Rodrigues (eunice.horacio@gmail.com). M.Sc em Engenharia de Transportes pela Coppe/UFRJ, engenheira civil e professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT) do Departamento de Engenharia Civil do Cefet/RJ.

Luiza Arouca Dias (luizaaroucadias@gmail.com). Engenheira civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ).

MEDIDAS DE SINAIS NA FAIXA DE UHF COM RECURSOS DE RÁDIO DEFINIDO POR *SOFTWARE*

Gilson A. Alencar

RESUMO: O espectro de comunicações na faixa de UHF (*Ultra High Frequency*), que compreende as frequências de 300MHz a 3GHz, é amplamente empregado em diversos serviços de telecomunicações. Comunicações móveis, redes *Wi-Fi*, televisão digital e enlaces de rádio para transmissão de dados são alguns exemplos de serviços que fazem uso desse espectro. Mais recentemente, a Internet das Coisas (IoT) vem acrescentar novas possibilidades em termos de aplicação da faixa de UHF em projetos de monitoramento e controle de objetos de nosso cotidiano. O uso dessa faixa de radiofrequência por novos serviços de telecomunicações demanda, em muitas situações, a análise do sinal para verificação de condições de propagação radioelétrica e de problemas de interferência. Nesse sentido, este trabalho demonstra o uso de rádio definido por *software* como ferramenta para medidas de sinais na banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) de 900MHz. Os resultados apresentados se mostraram bastante satisfatórios e apontam o potencial desse recurso como solução de baixo custo para medidas de radiofrequência.

Palavras-chave: Espectro de UHF. Medidas de sinal. Propagação radioelétrica. Rádio definido por *software*.

ABSTRACT: The radio wave spectrum at UHF (Ultra High Frequency), whose frequencies lies in between 300MHz and 3GHz, is widely used in several telecommunication services. Mobile systems, Wi-Fi networks, digital television, and radio links for data communications are examples of using the UHF band. Recently, the Internet of Things (IoT) adds new possibilities for the UHF band in terms of its application to monitoring and control common day objects. The use of this radio frequency spectrum by modern communication systems increase the demand for radio wave propagation and interference analyses. In this sense, this work intends to show how software defined radio (SDR) can be useful to perform signal radio measurements in the ISM (Industrial Scientific, and Medical) band of 900MHz. Results have been rather satisfactory and have demonstrated its high potential as a low cost solution for radio signal measurements.

Keywords: UHF band. Signal measurements. Radio wave propagation. Software defined radio.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos mecanismos de propagação radioelétrica é essencial para compreender o comportamento do sinal de rádio em diferentes ambientes. Em particular, no espectro de UHF (300MHz a 3GHz), os principais mecanismos são propagação em visibilidade, difração e reflexão acompanhados de efeitos como obstrução por obstáculos (relevo, edificações e vegetação) e multipercurso (ASSIS, 2012). Dada a importância deste espectro para os modernos sistemas de telecomunicações, o estudo desses fenômenos e de seus impactos no desempenho dos serviços é fundamental. Serviços de comunicações móveis e de TV digital, por exemplo, se destacam na ocupação da banda de UHF. Com o surgimento da tecnologia IoT, esse espectro ganha ainda mais destaque com a necessidade de monitoramento a longas distâncias de objetos e equipamentos. A banda ISM, que, no Brasil, ocupa as faixas de frequência de 902MHz a 928MHz e de 2.400MHz a 2.500MHz do espectro de UHF (ANATEL, 2010), tem sido empregada em muitas aplicações de Internet das Coisas. Este trabalho propõe o uso de recursos de rádio definido por *software* para a análise de propagação de sinais na banda ISM de 900MHz com vistas a aplicações em IoT.

Ao longo dos últimos anos, a evolução da computação e da capacidade de processamento tornou possível a realização, na prática, do conceito de rádio definido por *software* (RDS). A elevada capacidade de processamento matemático da nova geração de microprocessadores viabiliza a implementação por meio de *software* de inúmeras funções de rádio como filtros, equalizadores, moduladores, codificadores, decodificadores etc. O emprego de modelos de rádio baseados em *software* para transmissão e recepção de sinais, reduz consideravelmente os custos envolvidos no processo. O uso de um *hardware* minimalista nas etapas de RF (radiofrequência), conjuntamente com o aproveitamento da capacidade computacional no processamento digital de sinais, agrega um grande potencial às soluções baseadas em rádio definido por *software*. Com base nesse contexto, está sendo proposto um modelo RDS para medidas de sinal na faixa de frequência de 902MHz a 928MHz. Experimentos foram conduzidos a partir da transmissão de uma portadora CW (*Continuous Wave*) e de um dispositivo LoRa (*Long Range*) usado em um *link* experimental de dados meteorológicos. Os resultados alcançados mostraram-se bastante promissores.

Na próxima seção, serão abordados alguns conceitos pertinentes ao rádio definido por *software*. Em seguida, a descrição dos experimentos e os resultados alcançados serão apresentados. Ao final, os pontos concludentes serão discutidos.

RÁDIO DEFINIDO POR *SOFTWARE*

Rádio definido por *software* pode ser conceituado como um sistema de radiocomunicação cujas funções de processamento de sinal são implementadas por *software*. Na realidade, as etapas de radiofrequência ainda são implementadas por *hardware*. Portanto, o conceito de RDS pode ser estendido para um conjunto de tecnologias de *hardware* e *software*, onde algumas funções de radiocomunicação são programadas para execução em computadores ou dispositivos embarcados. As bases da tecnologia RDS foram estabelecidas em 1970 em um laboratório de pesquisa do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Posteriormente, em 1984, o termo *software radio* foi empregado pela primeira vez por um grupo de pesquisadores da empresa *E-Systems* (atualmente conhecida como *Raytheon*) no Texas. A primeira concepção de um RDS consistia em um receptor de banda base digital para fins de cancelamento de interferências e demodulação de sinais de banda larga. A partir daí, com o advento de microprocessadores mais potentes e o surgimento dos sistemas embarcados, a tecnologia de rádio definido por *software* ganhou impulso e conquistou popularidade. Radioamadores, entusiastas de radiocomunicação, indústria de telecomunicações e defesa são alguns exemplos de segmentos que utilizam RDS em suas atividades.

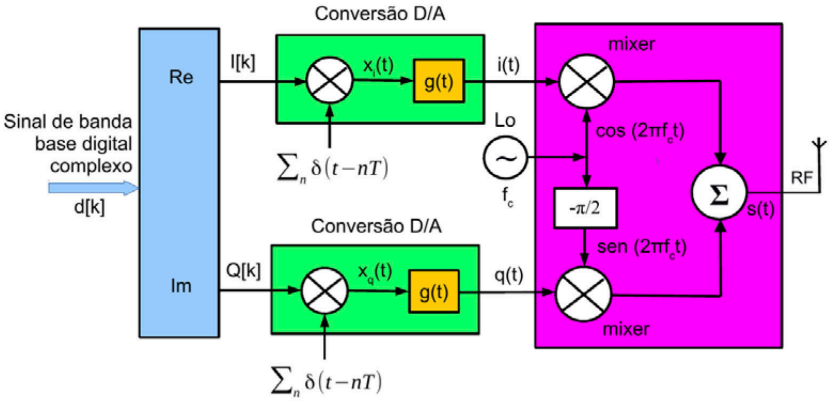
As operações de transmissão e recepção de sinais em um RDS são realizadas com base em uma técnica denominada conversão direta de subida e descida (*Direct Upconversion and Downconversion*). Esse modelo de operação, também conhecido como *Homodyne*, embora não seja o único, é muito usual em transceptores de radiocomunicação digital (MASHHOUR; DOMINO; BEAMISH, 2001). Para uma compreensão da operação *Homodyne*, os modelos de transmissor e receptor RDS são discutidos separadamente. A Figura 1 ilustra o diagrama em blocos de um transmissor baseado na técnica de conversão direta. Nessa figura, d[k] representa a k-ésima amostra do sinal de banda base digital complexo. Esse sinal é desmembrado nas componentes real I (*In-phase*) e imaginária Q (*Quadrature*). Em seguida, os sinais I e Q passam por um conversor digital-analógico (D/A). A conversão consiste, primeiramente, na ponderação de um trem de impulsos espaçados de T_s (período

de símbolo) pelas amostras I[k] e Q[k]. Como resultado desse processo, têm-se os respectivos sinais PAM (*Pulse Amplitude Modulation*) $x_i(t)$ e $x_q(t)$ (Eq. 1 e Eq. 2).

$$(1)\quad x_i(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} I[k]\delta(t - kT_s)$$

$$(2)\quad x_q(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} Q[k]\delta(t - kT_s)$$

Figura 1 – Transmissor RDS de conversão direta *homodyne*



Fonte: Montagem do autor

Em seguida, os sinais $x_i(t)$ e $x_q(t)$ passam por um filtro formatador de pulso (*Pulse Shaping Filter*), que tem a função de reconstruir o sinal contínuo no tempo a partir do sinal discreto PAM. O filtro g(t) é, na verdade, um filtro passa-baixa, cuja resposta ao impulso é uma função sen x/x. O filtro g(t) é especificado de modo a atender o critério de Nyquist para zero ISI (*Intersymbol Interference*) (LATHI; DING, 2009). Na saída do filtro, têm-se os sinais i(t) e q(t) obtidos a partir da convolução de g(t) com os respectivos sinais $x_i(t)$ e $x_q(t)$ (Eq. 3 e Eq. 4).

$$(3)\quad i(t) = g(t) * x_i(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} I[k]g(t - kT_s)$$

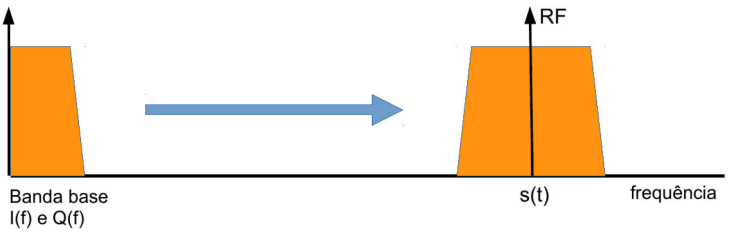
$$(4)\quad q(t) = g(t) * x_q(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} Q[k]g(t - kT_s)$$

Na etapa seguinte, o sinal analógico i(t) modula diretamente a portadora (oscilador local) por meio do misturador (*Mixer*) e o sinal analógico q(t) modula a portadora com uma defasagem de 90 graus. Ao final, os sinais resultantes são combinados na saída para gerar o sinal de RF s(t) (Eq. 5). A técnica de conversão direta translada, no espectro, os sinais de banda base analógicos i(t) e q(t) (centrados na frequência zero) para a frequência da portadora (Figura 2).

$$(5)\quad s(t) = i(t)\cos(2\pi f_c t) + q(t)sen(2\pi f_c t)$$

Observa-se, na Figura 2, que a largura de banda do sinal de RF resultante é o dobro da largura de banda de cada sinal I e Q.

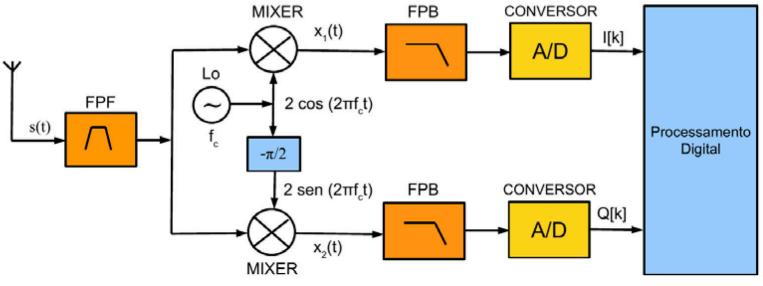
Figura 2 – Espectro resultante da conversão direta na transmissão



Fonte: Montagem do autor

O receptor RDS está ilustrado na Figura 3. Esse receptor emprega a técnica de conversão direta de descida (*Direct Downconversion*), através da qual o sinal de RF é demodulado e os sinais de banda base digital I e Q são recuperados.

Figura 3 – Receptor RDS de conversão direta *homodyne*



Fonte: Montagem do autor

Na Figura 3, o sinal de RF passa pelo filtro passa-faixa (FPF), que determina a seletividade do receptor. Através do misturador é feito o produto do sinal de RF recebido com as versões em fase e defasada (90 graus) do oscilador local, resultando nos sinais $x_1(t)$ e $x_2(t)$. Esses sinais, então,

passam pelos respectivos filtros passa-baixa. A função desses filtros é mais bem compreendida com a análise do sinal $x_1(t)$ (Eq. 6).

$$x_1(t) = 2[i(t)\cos(2\pi f_c t) + q(t)sen(2\pi f_c t)]\cos(2\pi f_c t)$$

$$x_1(t) = i(t) + i(t)\cos(4\pi f_c t) + q(t)sen(4\pi f_c t) \quad (6)$$

Os dois últimos termos da Eq. 6 são suprimidos pela ação do filtro passa-baixa. Deste modo, recupera-se o sinal de banda base i(t). A mesma análise é empregada na recuperação do sinal q(t). Uma vez obtidos os sinais analógicos i(t) e q(t), os mesmos são digitalizados na etapa seguinte ao passar pelos conversores analógico-digitais (A/D). No final, os sinais digitais I e Q são gerados e processados posteriormente por *software*.

Tendo em vista que este trabalho trata da recepção e medição de sinais em UHF, toda discussão desenvolvida na próxima seção abordará o RDS como receptor. O modelo de RDS proposto para medição de sinais em UHF foi idealizado com suporte da plataforma GNU *Radio* (GURJÃO, 2013). Essa plataforma contempla um conjunto de bibliotecas de *software* livre e ambiente gráfico (GRC – GNU *Radio Companion*) de fluxo de sinais para criação de sistemas de radiocomunicação.

EXPERIMENTOS E RESULTADOS

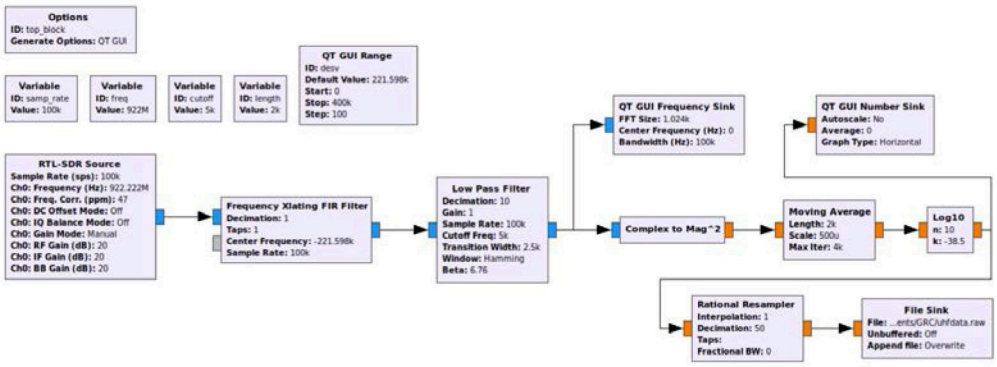
Os experimentos de medição de sinais em UHF foram desenvolvidos com uso do receptor RDS RTL-SDR R820T2, uma versão derivada do sintonizador R820T (RAFAEL MICROELECTRONICS, 2011). Esse receptor de baixo custo conecta-se a um computador por meio de uma interface USB 2.0. Seu *hardware* é baseado no *chip Realtek* RTL2832U (REALTEC, 2019) e a faixa de frequência de operação é de 24MHz a 1766MHz. A largura de banda máxima suportada é de 3,2 MHz e a resolução de seus conversores analógico-digitais é de 8 bits. Esse receptor emprega a técnica de conversão direta de descida, apresentada na Figura 3. Uma antena monopolo de 12 cm de comprimento com base magnética, que acompanha o produto, foi utilizada nas medições. A Figura 4 ilustra uma imagem do receptor RDS e antena empregados neste trabalho.

Figura 4 – Receptor RDS RTL-SDR R820T2

Fonte: Montagem do autor

O *software* de recepção e aquisição dos dados referentes às medidas de sinal na faixa de UHF foi elaborado na forma de diagrama de fluxo, conforme ilustrado na Figura 5. O ambiente gráfico da plataforma GNU Radio, o GRC, por meio de blocos interligados, permite a construção de modelos para processamento de funções de radiocomunicação. O GRC contém um conjunto de blocos que desempenham inúmeras funções de rádio. Cada bloco compõe a biblioteca da plataforma GNU Radio, disponibilizada abertamente como *software* livre. É possível também criar funções customizadas por meio de programação em python ou C++. Cabe destacar que o GRC está disponível para execução em ambiente Linux. Todo o trabalho foi desenvolvido no Linux, especificamente na distribuição Debian, que disponibiliza algumas ferramentas para projetos de rádio definidos por *software*.

Figura 5 – Modelo RDS para recepção e medidas de sinais em UHF



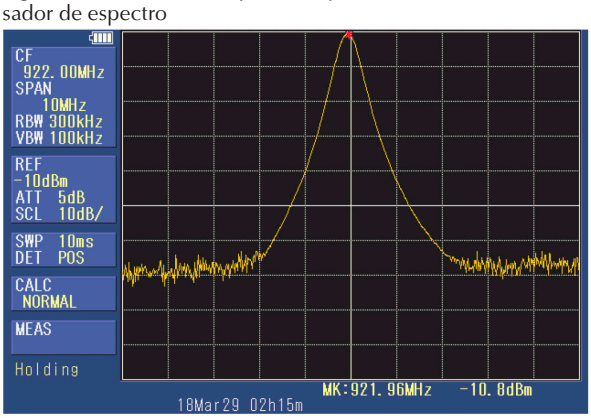
Fonte: Montagem do autor

O receptor RTL-SDR R820T2 é compatível com a plataforma GNU Radio. Isso significa que o GNU Radio disponibiliza elementos de *software* para operação com o *hardware* do receptor. No GRC, o bloco que implementa esse recurso é denominado RTL-SDR Source, que pode ser identificado na Figura 5. Esse bloco provê diversos parâmetros ajustáveis para operação com o *hardware*, como taxa de amostragem, frequência de recepção, correção de frequência e controle de ganho. O bloco seguinte, Frequency Xlating FIR Filter, é responsável pelo deslocamento da frequência do sinal recebido. Ele é empregado por dois motivos: correção da frequência em função de variações por temperatura e rejeição do *dc-spike* (SVITEK; RAMAN, 2005). O RTL-SDR R820T2 não dispõe de um oscilador a cristal com compensação de temperatura (TCXO – *Temperature Compensated Oscillator*). Desse modo, há uma variação importante da frequência com a temperatura. Antes de realizar medições com o dispositivo, é necessário mantê-lo em operação por algum tempo para alcançar maior estabilidade. No caso de pequenas variações, o bloco Frequency Xlating FIR Filter translada o espectro do sinal de banda base digital para o seu centro (frequência zero). Esse espectro é visualizado graficamente por meio do bloco QT GUI Frequency Sink. Com relação ao *dc-spike*, um sinal anômalo que aparece no centro do espectro, o bloco Frequency Xlating Filter translada e filtra parte do espectro de modo a suprimi-lo.

O bloco Low Pass Filter tem a função de destacar a porção de interesse do espectro pela combinação dos parâmetros frequência de corte (*Cutoff Frequency*) e decimação (*Decimation*). A frequência de corte limita a banda de interesse e o parâmetro decimação age como um divisor da taxa de amostragem, controlando a extensão dessa banda. É importante ressaltar que a taxa de amostragem define a faixa do espectro a ser processada pelo RDS. Após o filtro, os sinais I e Q passam pelo bloco Complex to Mag^2, que computa o quadrado do módulo do complexo I + jQ. Na saída, tem-se um valor real, que corresponde ao quadrado da amplitude do sinal resultante. O bloco Moving Average, tem a função de suavizar a leitura da medida de potência por meio de uma média móvel com os N elementos do seu vetor de dados. Com isso, evita-se o registro de variações bruscas dos valores medidos. O bloco seguinte, Log10, calcula a potência média em dBm. Esse bloco emprega uma constante k, cujo valor é determinado no processo de calibração do RTL-SDR R820T2. O módulo Rational Resampler, por meio do parâmetro decimação, reduz a taxa de amostragem nesta etapa, limitando o número de dados a serem armazenado em um arquivo binário especificado pelo módulo File Sink.

O processo de calibração do RTL-SDR foi uma etapa importante para a confiabilidade das medidas de potência. Na etapa de calibração, foram utilizados um analisador de espectro digital (modelo BK Precision 2568A) e um gerador de radiofrequência (modelo TTi TGR 2050). O analisador de espectro digital opera na faixa de 50KHz a 8500MHz. A faixa de frequência do gerador de RF é de 150KHz a 2000MHz, com potência variando de -127 dBm a 7 dBm. Tendo em vista o interesse em medir sinais transmitidos por um dispositivo LoRa em 922MHz, a operação de calibração foi conduzida nessa frequência. O processo consistiu, primeiramente, na avaliação da frequência e potência do gerador de RF. Para isso, a saída do gerador de RF foi conectada diretamente ao analisador de espectro por meio de um cabo coaxial (50 ohms de impedância) padrão de fábrica. No gerador, a frequência e o nível de potência foram regulados, inicialmente, para 922MHz e -10dBm respectivamente. Com o analisador de espectro, a precisão dos valores de frequência e de potência foram avaliados (Figura 6). Observou-se que o gerador de RF apresentava um desvio de frequência de aproximadamente 40 KHz. A potência medida ficou dentro do esperado, muito próxima de -10dBm.

Figura 6 – Medida de frequência e potência com o analisador de espectro



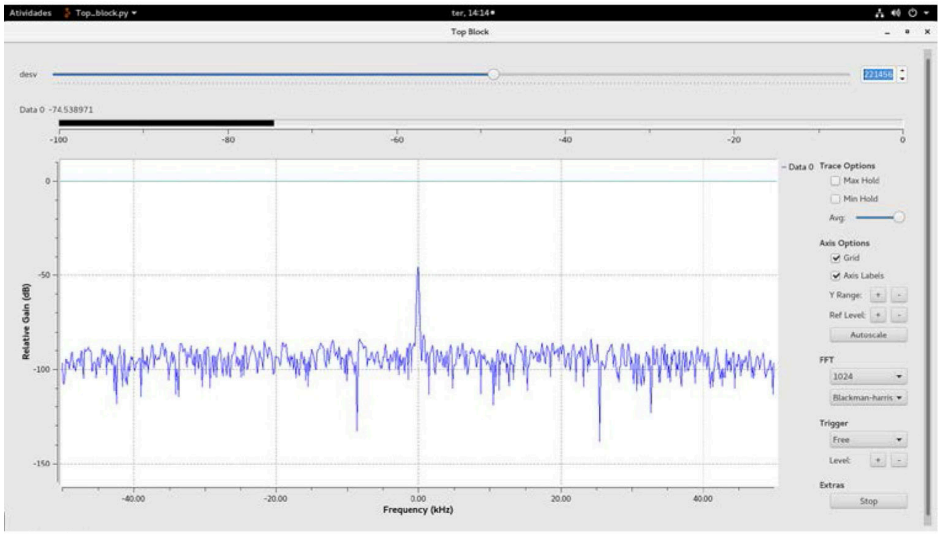
Fonte: Montagem do autor

No passo seguinte, o gerador de RF foi conectado diretamente ao RTL-SDR. Através do *software* GQRX, uma aplicação RDS baseada na plataforma GNU Radio, verificou-se o desempenho do receptor. Na fase de aquecimento, a frequência do RTL-SDR varia bastante, sendo necessários alguns minutos para alcançar a estabilidade. Com o propósito de corrigir o desvio de frequência do RTL-SDR e do próprio gerador, o ppm (correção de frequência) do GQRX

foi ajustado até a frequência do sinal recebido coincidir com a frequência do sinal transmitido. Um ppm igual a 47 se mostrou adequado e esse mesmo valor foi configurado no modelo RDS da Figura 5. Em seguida, a constante k no bloco Log10 foi ajustada para calibrar a leitura de potência em dBm. Com uma resolução de 8 bits, os conversores A/D limitam a faixa dinâmica do receptor a 50dB aproximadamente. Observando esse limite, diversos ensaios foram conduzidos e o valor de k foi ajustado de modo a proporcionar uma leitura de potência na faixa de -90 dBm a -40 dBm. O ganho do receptor no bloco RTL-SDR Source foi configurado para um valor fixo de 20dB.

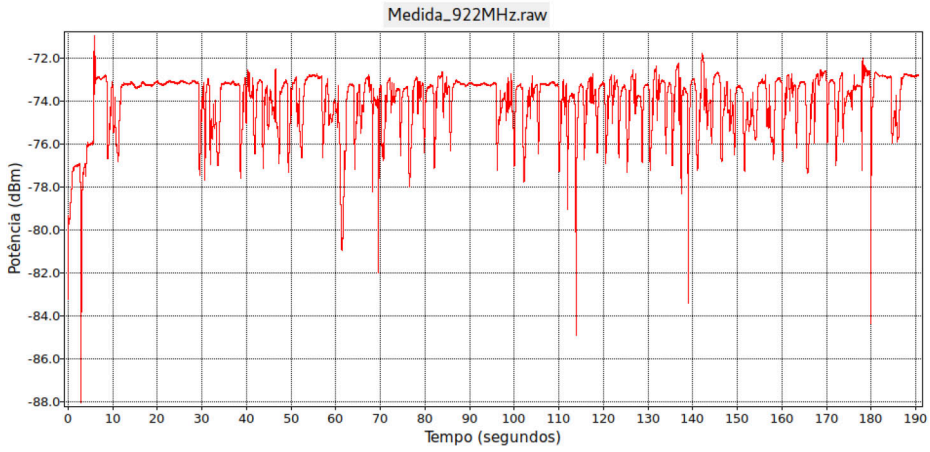
Após a etapa de calibração, uma antena monopolo apropriada à faixa de 900MHz foi conectada à saída do gerador de RF. O receptor RTL-SDR foi conectado a um *notebook* para a realização das medidas a diferentes distâncias do gerador. O *software* denominado *rawdata plot*, foi desenvolvido para a leitura e plotagem dos dados armazenados em um arquivo binário gerado pelo bloco File Sink do modelo RDS proposto. A Figura 7 ilustra o espectro do sinal (bloco Frequency Sink) em uma das medidas realizadas no Laboratório de Transmissão Digital e Comunicações Eletrônicas do Cefet/RJ. Com relação a esse mesmo evento, a Figura 8 ilustra o gráfico dos valores de potência em dBm com o tempo obtido a partir do *software rawdata plot*. Nessa figura, é possível observar as flutuações rápidas do sinal em decorrência do fenômeno de multipercurso. A Figura 9 ilustra uma medida realizada a partir de uma estação meteorológica transmitindo dados em 922MHz. Os dados são transmitidos em intervalos de 10 segundos por meio de um dispositivo de RF de longo alcance LoRa modelo SX1276. A distância entre a estação meteorológica e o ponto de medida com o receptor RTL-SDR R820T2 é de, aproximadamente, 150 metros, com percurso obstruído por edificações e vegetação. Nessa figura, observam-se os pulsos de sinal nos intervalos de transmissão dos dados.

Figura 7 – Espectro do sinal visualizado durante uma medição na frequência de 922MHz



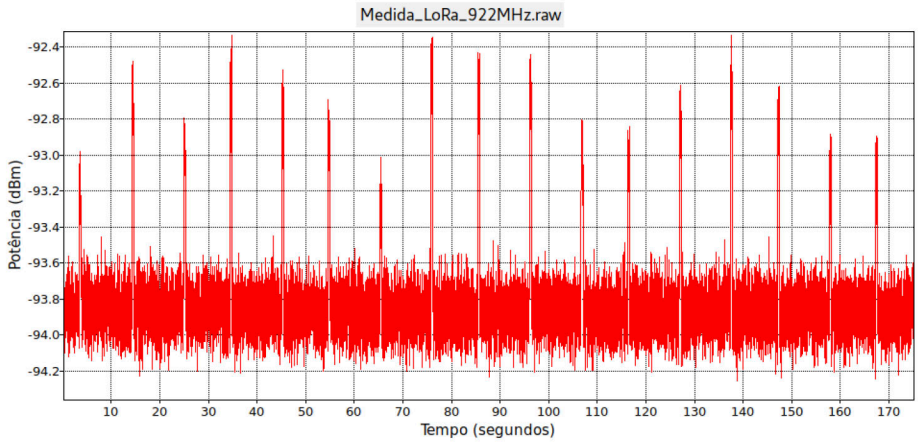
Fonte: Montagem do autor

Figura 8 – Variação da potência do sinal com o tempo medida em dBm na frequência de 922MHz



Fonte: Montagem do autor

Figura 9 – Medida de sinal de uma estação meteorológica operando em 922MHz



Fonte: Montagem do autor

CONCLUSÕES

A tecnologia de rádio definido por *software* oferece inúmeras aplicações em telecomunicações, tendo em vista os recursos disponíveis. No que tange à medida de sinais para estudos de propagação radioelétrica, a disponibilidade de *hardwares* de radiofrequência de baixo custo com processamento digital realizado por *software* viabiliza essa operação sem uso de equipamentos complexos. Neste trabalho, foi desenvolvido um modelo de rádio definido por *software* para medidas de sinais na faixa de UHF, mais especificamente, na banda ISM. A banda ISM é de grande interesse em aplicações IoT e a medida de sinais na sua faixa pode ajudar a compreender ou identificar problemas relacionados à transmissão de dados em uma rede de dispositivos conectados. O modelo foi elaborado com suporte da plataforma GNU Radio, executada em ambiente Linux por meio da aplicação gráfica de fluxo de sinais GNU Radio Companion. Para a recepção dos sinais, foi empregado o dispositivo RTL-SDR R820T2, que compreende a um *hardware* bastante simples, com recursos mínimos para processamento de sinais de radiofrequência. O modelo RDS proposto foi submetido a um extenso trabalho de calibração, de modo a assegurar a confiabilidade das medidas. Para isso, equipamentos de RF do Laboratório de Transmissão Digital e Comunicações Eletrônicas do Cefet/RJ foram utilizados. Após a preparação e o ajuste do modelo, inúmeros experimentos foram conduzidos com transmissão de sinais na frequência de 922MHz. Um *software* para leitura e plotagem dos dados armazenados em arquivo binário foi desenvolvido especificamente para esse propósito. Os resultados se mostraram bastante satisfatórios, demonstrando a eficácia desse recurso em medições de radiofrequência. Novos trabalhos serão conduzidos com o uso de receptores mais estáveis em frequência. Outras faixas do espectro também serão exploradas em termos de medidas de sinais.

REFERÊNCIAS

ANATEL. *Plano de atribuição, destinação e distribuição de faixas de frequências no Brasil*. Brasília, 2010. 174p.

ASSIS, M. S. *Introdução à Propagação das Ondas Radioelétricas. In*: ENCONTRO ANUAL EM COMUNICAÇÕES, REDES E CRIPTOGRAFIA, 2012, Campina Grande. IECOM, Campina Grande, out. 2012.

GURJÃO, E. C. *Introdução ao GNU Radio*. Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, v. 3, n. 1, p. 1-5, out. 2013.

LATHI, B. P.; DING, Z. *Modern Digital and Analog Communication Systems*. 4. ed. New York: Oxford University Press, 2009.

MASHHOUR, A.; DOMINO, W.; BEAMISH, N. *On The Direction Conversion Receiver* – A Tutorial. Microwave Journal. 2001. Disponível em: https://www.microwavejournal.com/articles/3226-on-the-direct-conversion-receiver-a-tutorial. Acesso em: 5 jun. 2019.

RAFAEL MICROELECTRONICS. *R820T High Performance Low Power Advanced Digital TV Silicon Turner Datasheet*. Chutung, Taiwan, 2011.

REALTEC. *RTL2832U DVB-T COFDM Demodulator USB2.0*. 2019. Disponível em: https://www.realtek.com/en/products/communications-network-ics/item/rtl2832u. Acesso em: 10 jun. 2019.

SVITEK, R.; RAMAN, S. *Application Note. DC Offsets in Direct-Conversion Receivers:* Characterization and Implications. IEEE Microwave Magazine, p. 76-86, set. 2005.

DADOS DO AUTOR

Gilson A. Alencar (gilson.alencar@cefet-rj.br). Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor associado do Departamento de Engenharia de Telecomunicações do Cefet/RJ.

MÉTODO DE LIE

Emilio Nunez

Luís Fernando de Oliveira

Nilo Pinto da Silva Filho

Caubi Blanck Martins

RESUMO: Este trabalho apresenta soluções para equações diferenciais parciais de primeira ordem, 1pdes, com coeficientes polinomiais, para as quais a poderosa ferramenta computacional pdsolve, da plataforma MAPLE, indica dificuldades ou nem expõe soluções. Com essa finalidade, desenvolvemos um algoritmo tendo como base as simetrias infinitesimais de Lie e resolvemos quatro exemplos. O método de Lie tem grande sucesso em encontrar invariantes para as equações ordinárias, porém o mesmo não ocorre com as pdes. A razão é que o processo infinitesimal apresenta dificuldade na solução das integrais que surgem ao se resolver o sistema característico da questão. Um processo heurístico, no qual as funções infinitesimais são pressupostas polinomiais, facilita-nos a obtenção dos invariantes de Lie. As funções $\xi_i(x,y)$ e $\eta(x,y)$ são descritas como funções polinomiais para se reduzir o grau de dificuldade do problema; resolver integrais características das pdes. Um programa em MAPLE também foi desenvolvido para facilitar a determinação das funções infinitesimais e, consequentemente, a solução das equações diferenciais.

Palavras-chaves: Simetrias de Lie. Equações diferenciais parciais. Variável infinitesimal. Transformações de Lie.

ABSTRACT: This work was developed to find solutions for first order partial differential equations, 1pdes, with polynomials coefficients, using the Lie's method. The infinitesimal variables have success to solve the invariants for ordinary differential equations, odes, but the same does not occur for 1pdes. This happen because exist difficulty to solve the integral equations of characteristic system. With the aim to solve the 1pdes we have developed a heuristic algorithm with the Lie's variables. A process, where the infinitesimal function is supposed polynomial, was made to find the equation's solution. So, instead to solve an characteristic integral, we should resolve a polynomial function integral with less difficult. An algorithm using platform MAPLE was developed to facilitate this work. This algorithm has success where the MAPLE routine, pdsolve, has difficulty to solve or not shows solution.

Keywords: Lie symmetries. Partial differential equation. Infinitesimal variable. Lie transformation.

INTRODUÇÃO

O estudo da equação diferencial é de grande importância para as ciências exatas: engenharia, física e química. Muitos sistemas naturais, relativos a essas áreas, podem ser descritos matematicamente por esse tipo de equação. Assim, há um grande interesse, na literatura especializada, em desenvolver sistemas para suas soluções.

Até o final do século XIX, as equações diferenciais (eds) eram classificadas, e processos matemáticos diferentes, normalmente desconexos, eram desenvolvidos para resolvê-las. Porém, o matemático norueguês Sophus Lie percebeu que esses processos particulares eram, na verdade, casos singulares de um procedimento geral de integração. Lie, no final do século XIX (LIE, 1981; 1912) desenvolveu um procedimento, utilizando variáveis infinitesimais, para determinar as soluções das eds. O sistema desenvolvido, apesar de grande inovação, apresenta um problema: a dificuldade de se resolver o cálculo das integrais obtidas dos sistemas característicos nas soluções das eds. Seu método, então, durante muito tempo, não apresentou grande interesse na comunidade especializada. Porém, com o surgimento das ferramentas matemáticas computacionais, como a plataforma MAPLE, esse trabalho se tornou menos árduo.

Atualmente, existe um grande interesse em se estudar processos com base nas simetrias infinitesimais de Lie. Não apenas para as soluções das equações diferenciais ordinárias (odes), mas estendendo as ideias às equações diferenciais parciais, pdes (BLUMAN; ANCO, 2002). Nesses estudos, algoritmos matemáticos são desenvolvidos para se obter as simetrias infinitesimais que permitem achar os invariantes de Lie e, consequentemente, as soluções das equações.

Tratando do problema, com base na literatura especializada, sabemos que as equações diferenciais parciais de primeira ordem, 1pdes, lineares e quase lineares, com duas variáveis cartesianas, apresentam a solução geral dada por; K2= f(K1), onde K1 e K2 são constantes obtidas pela solução por quadratura. Um processo similar pode ser obtido utilizando o método de variáveis infinitesimais. Para isso, devemos encontrar pelo menos dois invariantes de Lie e, consequentemente, determinar as constantes C1 e C2. Uma vez determinadas, a solução geral da equação fica descrita por C2= f(C1). Como modelo do que foi descrito, apresentamos o exemplo 1, uma equação diferencial de primeira ordem, com coeficientes polinomiais, para a qual a poderosa ferramenta pdsolve do MAPLE não oferece solução. Utilizando os infinitésimos de Lie, supondo-os funções polinomiais, encontramos dois invariantes, consequentemente duas constantes, e, assim, chegamos à solução geral onde a plataforma não obteve sucesso. No exemplo 2, novamente aplicando a rotina, o pdsolve não apresenta solução. Aplicamos Lie, porém, apenas um invariante é encontrado, impossibilitando a solução geral e levando, assim, a uma solução particular para o problema.

Em seguida, dois outros exemplos, 3 e 4, são apresentados; duas equações não lineares também com coeficientes polinomiais. Para o exemplo 3, o pdsolve apresenta uma solução final; uma equação de duas variáveis, u(x,y), obtida fazendo a soma algébrica de duas funções de apenas uma variável cartesiana cada uma, F1(x) e F2(y), respectivamente. Para esse exemplo, nosso processo apresenta dois invariantes, um com apenas uma variável e uma solução particular com duas variáveis. No exemplo 4, novamente a poderosa rotina do MAPLE não apresenta solução. Já a solução pelos infinitesimais apresenta um invariante e, consequentemente, uma solução particular para o problema.

MÉTODO APLICADO A 1PDE

Para resolver as 1pdes pelo método de Lie, precisamos criar as variáveis dependentes x*, y* e u*, onde ε -> 0 (BLUMAN; ANCO, 2002):

$$\begin{aligned} x^* &= x + \xi_x(x,y,u)\varepsilon \\ y^* &= y + \xi_y(x,y,u)\varepsilon \\ u^* &= u + \eta(x,y,u)\varepsilon \end{aligned} \tag{1}$$

É importante observar que a função u(x,y), no processo de transformações infinitesimais, é definida como uma variável dependente. A partir das definições dessas variáveis (1), podemos expandir a função F(x*,y*,z*) em série de Taylor

$$F(x^*,y^*,u^*) = F(x,y,u) + \chi(F(x,y,u))\varepsilon \tag{2}$$

Onde

$$\chi(F(x,y,u)) = \xi_x(x,y,u)\frac{\partial}{\partial x}F(x,y,u) + \xi_y(x,y,u)\frac{\partial}{\partial y}F(x,y,u) + \eta(x,y,u)\frac{\partial}{\partial u}F(x,y,u) \tag{3}$$

Observamos, da equação (2), que a função F(x,y,u) fica invariante perante a transformação de Lie para as seguintes condições:

$$\chi(F(x,y,u)) = 0 \tag{4}$$

$$\chi(F(x,y,u)) = 1 \tag{5}$$

Logo, comparando (2) com (3), obtemos o operador gerador de simetria de ordem zero χ dado por

$$\chi = \xi_x \frac{\partial}{\partial x} + \xi_y \frac{\partial}{\partial y} + \eta \frac{\partial}{\partial u} \quad (6)$$

Com

$$\xi_x = \frac{d}{d\varepsilon} x^* \quad (7)$$

$$\xi_y = \frac{d}{d\varepsilon} y^* \quad (8)$$

$$\eta = \frac{d}{d\varepsilon} u^* \quad (9)$$

Vamos analisar o caso da 1pde. Sua fórmula geral pode ser descrita por:

$$F(x, y, u, u_x, u_y) = 0 \quad (10)$$

na qual x e y são variáveis independentes cartesianas. A variável u depende das variáveis independentes, isto é, u= u(x,y). As variáveis u_x e u_y são as derivadas parciais da função u(x,y) em relação às variáveis x e y respectivamente, ou seja,

$$u_x \equiv \frac{\partial}{\partial x} u(x, y), \qquad u_y \equiv \frac{\partial}{\partial y} u(x, y)$$

Logo, se u= θ(x,y) é uma solução da 1pde (10), então satisfaz a condição de simetria de ordem zero (BLUMAN; ANCO, 2002):

$$\chi[u - \theta(x, y)] = 0 \quad (11)$$

que nos leva a

$$\xi_x \frac{\partial}{\partial x} \theta(x, y) + \xi_y \frac{\partial}{\partial y} \theta(x, y) = \eta \quad (12)$$

Assim, fazendo a derivada total da função θ(x,y)

$$d\theta(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} \theta(x, y)\, dx + \frac{\partial}{\partial y} \theta(x, y)\, dy \quad (13)$$

e comparando as equações (12) e (13), obtemos o sistema:

$$\frac{dx}{\xi_x} = \frac{dy}{\xi_y} = \frac{du}{\eta} \quad (14)$$

Portanto, a expectativa é que, se soubermos a função dos infinitésimos ξ_x, ξ_y, η e integrarmos as equações (14), encontraremos uma solução para a 1pde (10).

Para encontrar essas funções infinitesimais, construímos o operador gerador de simetria de primeira ordem $\chi^{(1)}$

$$\chi^{(1)} = \xi_x \frac{\partial}{\partial x} + \xi_y \frac{\partial}{\partial y} + \eta \frac{\partial}{\partial u} + \eta_x \frac{\partial}{\partial u_x} + \eta_y \frac{\partial}{\partial u_y} \quad (15)$$

onde u, u_x e u_y são definidas como variáveis dependentes. Os novos parâmetros, η_x e η_y, são obtidos das definições

$$u_x^* = u_x + \eta_x \varepsilon \quad \text{e} \quad u_y^* = u_y + \eta_y \varepsilon \quad (16)$$

Estes podem ser logrados fazendo as derivadas em relação às variáveis de Lie

$$u_x^* = \frac{\partial}{\partial x^*} u^* \quad \text{e} \quad u_y^* = \frac{\partial}{\partial y^*} u^* \quad (17)$$

O desenvolvimento para que se obtenham esses termos é longo (BLUMAN; ANCO, 2002). Vamos apresentar, aqui, o resultado final. Para facilitar o desenvolvimento dos cálculos, substituiremos os subíndices x e y por 1 e 2 respectivamente.

$$\eta_x = \eta_1 = \frac{\partial}{\partial x}\eta(x, y, u) + [\frac{\partial}{\partial u}\eta(x, y, u) - \frac{\partial}{\partial x}\xi_1(x, y, u)]u_1 - \frac{\partial}{\partial x}\xi_2(x, y, u)u_2 - \frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x, y, u)u_1^2 - \frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x, y, u)u_1 u_2 \quad (18)$$

$$\eta_y = \eta_2 = \frac{\partial}{\partial y}\eta(x, y, u) + [\frac{\partial}{\partial u}\eta(x, y, u) - \frac{\partial}{\partial y}\xi_2(x, y, u)]u_2 - \frac{\partial}{\partial y}\xi_1(x, y, u)u_1 - \frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x, y, u)u_2^2 - \frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x, y, u)u_1 u_2 \quad (19)$$

Nós podemos, então, aplicar o operador $\chi^{(1)}$ na 1pde

$$\chi^{(1)}\big(F(x, y, u, u_1, u_2)\big) = 0 \quad (20)$$

Substituindo (15) em (20), ficamos com

$$\xi_1 \frac{\partial}{\partial x} F + \xi_2 \frac{\partial}{\partial y} F + \eta \frac{\partial}{\partial u} F + \eta_1 \frac{\partial}{\partial u_1} F + \eta_2 \frac{\partial}{\partial u_2} F = 0 \quad (21)$$

Aplicando do (18) e (19) em (21) e achando, assim, as soluções para ξ_1, ξ_2 e η, podemos integrar o sistema (14).

Exemplos

Nesta seção vamos mostrar alguns exemplos onde o nosso método apresenta sucesso em encontrar a solução das 1pdes enquanto o comando pdsolve, da plataforma MAPLE, tem dificuldade. Os dois primeiros exemplos são equações diferenciais de primeira ordem quase lineares e os dois últimos são de equações não lineares.

Exemplo 1

$$x^3 u(x, y) \frac{\partial}{\partial x} u(x, y) + (u(x, y))^2 x^3 \frac{\partial}{\partial y} u(x, y) = (u(x, y))^2 x^2 - y^2$$

Para esta equação, a rotina pdsolve do MAPLE não apresenta resposta.

Aplicando o método: em primeiro lugar, vamos escrever a 1pde acima como

$$u^2 u_2 x^3 + u u_1 x^3 - u^2 x^2 + y^2 = 0 \quad (22)$$

Nesta equação, os subíndices x e y foram trocados por 1 e 2, respectivamente, para facilitar os cálculos computacionais.

Em seguida, aplicamos o operador gerador de simetria de primeira ordem $\chi^{(1)}$ (15) (BLUMAN; ANCO, 2002):

$$\chi^{(1)}[u^2u_2\,x^3+uu_1\,x^3-u^2x^2+y^2]=0 \quad (23)$$

que leva a

$$\begin{aligned}&\xi_1\,(x,y,u)\left(3\,u^2u_2\,x^2+3\,uu_1\,x^2-2\,u^2x\right)+2\,\xi_2\,(x,y,u)\,y\\&+\eta\,(x,y,u)\left(2\,uu_2\,x^3+u_1\,x^3-2\,ux^2\right)\\&+\eta_1\,ux^3+\eta_2\,u^2x^3=0\end{aligned} \quad (24)$$

Substituindo (18) e (19) em (24), chegamos a

$$\begin{aligned}&\xi_1(x,y,u)(3u^2u_2x^2+3uu_1x^2-2u^2x)+2\xi_2(x,y,u)y\\&+\eta(x,y,u)(2uu_2\,x^3+u_1\,x^3-2\,ux^2)\\&+\left(\frac{\partial}{\partial x}\eta(x,y,u)+\left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)-\frac{\partial}{\partial x}\xi_1(x,y,u)\right)u_1\right.\\&-\left(\frac{\partial}{\partial x}\xi_2(x,y,u)\right)u_2-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right){u_1}^2\\&-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right)u_1u_2\Big)ux^3+\left(\frac{\partial}{\partial y}\eta(x,y,u)\right.\\&+\left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)-\frac{\partial}{\partial y}\xi_2(x,y,u)\right)u_2-\left(\frac{\partial}{\partial y}\xi_1(x,y,u)\right)u_1\\&-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right){u_2}^2-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right)u_1u_2\Big)u^2x^3=0\end{aligned} \quad (25)$$

Podemos reescrever a equação (22):

$$u_2=\frac{-uu_1\,x^3+u^2x^2-y^2}{u^2x^3} \quad (26)$$

Substituindo (26) em (25) e fazendo as aproximações (NUNEZ, 2016):

$$\begin{aligned}\xi_1(x,y,u)&=\xi_1(x,y)\\\xi_2(x,y,u)&=\xi_2(x,y)\\\eta(x,y,u)&=g(x,y)+f(x,y)u\end{aligned} \quad (27)$$

e, como trabalhamos a solução como um processo heurístico, vamos supor as funções infinitesimais como sendo polinomiais:

$$\begin{aligned}\xi_1(x,y)&=a+a_1x+a_2y+a_3xy+a_4x^2+a_5y^2+a_6xy^2+a_7x^2y+a_8x^2y^2\\\xi_2(x,y)&=b+b_1x+b_2y+b_3xy+b_4x^2+b_5y^2+b_6xy^2+b_7x^2y+b_8x^2y^2\\f(x,y)&=c+c_1x+c_2y+c_3xy+c_4x^2+c_5y^2+c_6xy^2+c_7x^2y+c_8x^2y^2\\g(x,y)&=d+d_1x+d_2y+d_3xy+d_4x^2+d_5y^2+d_6xy^2+d_7x^2y+d_8x^2y^2\end{aligned}$$

Resolvendo, assim, (25), para os coeficientes dos polinômios, obtemos as simetrias:

$$1)\quad \xi_1=x,\qquad \xi_2=y\qquad e\qquad \eta=0 \quad (28)$$

$$2)\quad \xi_1=-x,\qquad \xi_2=0\qquad e\qquad \eta=u \quad (29)$$

que, fazendo (28), (29) -> (14), nos remete, respectivamente, às constantes

$$\begin{aligned}C1\;=\;&-1/2\,\ln\left(\left(u^2-\frac{uy}{x}-\frac{y^2}{x^2}\right)x^2y^{-2}\right)\\&+1/5\,\sqrt{5}arctanh\left(1/5\,\left(2\,u-\frac{y}{x}\right)\sqrt{5}xy^{-1}\right)-\ln\left(\frac{y}{x}\right)\end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned}C2\;=\;&\ln\left(\frac{ux-y}{y}\right)-\ln\left(\frac{u^2x^2-uxy-y^2}{y^2}\right)\\&+4/5\,\sqrt{5}arctanh\left(1/5\,\frac{(2\,ux-y)\,\sqrt{5}}{y}\right)-\ln(y)\end{aligned} \quad (31)$$

Isso nos leva à solução geral: (C2= f(C1))

$$\begin{aligned}u\;=\;&RootOf\left(\ln\left(\frac{ux-y}{y}\right)-\ln\left(\frac{u^2x^2-uxy-y^2}{y^2}\right)\right.\\&+4/5\,\sqrt{5}arctanh\left(1/5\,\frac{(2\,ux-y)\,\sqrt{5}}{y}\right)-\ln(y)\\&-F\left(-1/2\,\ln\left(\left(u^2-\frac{uy}{x}-\frac{y^2}{x^2}\right)x^2y^{-2}\right)\right.\\&\left.+1/5\,\sqrt{5}arctanh\left(1/5\,\left(2\,u-\frac{y}{x}\right)\sqrt{5}xy^{-1}\right)-\ln\left(\frac{y}{x}\right)\right)\end{aligned} \quad (32)$$

Exemplo 2

$$xy\frac{\partial}{\partial x}u(x,y)+u(x,y)\,x^2\frac{\partial}{\partial y}u(x,y)-u(x,y)=0$$

Para esta equação, a função pdsolve do MAPLE também não apresenta resposta.

Aplicando o método: reescrevendo a 1pde

$$ux^2u_2+xyu_1-u=0 \quad (33)$$

Aplicando o gerador de simetria de primeira ordem

$$\chi^{(1)}(ux^2u_2+xyu_1-u)=0 \quad (34)$$

Logramos

$$\begin{aligned}&\xi_1\,(x,y,u)\,(2\,uu_2\,x+u_1\,y)+\xi_2\,(x,y,u)\,u_1\,x\\&+\eta\,(x,y,u)\left(u_2\,x^2-1\right)+\eta_1\,xy+\eta_2\,ux^2=0\end{aligned} \quad (35)$$

Substituindo (18) e (19) em (35), temos

$$\begin{aligned}&\xi_1(x,y,u)\left(2\,uu_2\,x+u_1\,y\right)+\xi_2(x,y,u)u_1\,x+\eta(x,y,u)\left(u_2\,x^2-1\right)\\&+\left(\frac{\partial}{\partial x}\eta(x,y,u)+\left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)-\frac{\partial}{\partial x}\xi_1(x,y,u)\right)u_1\right.\\&-\left(\frac{\partial}{\partial x}\xi_2(x,y,u)\right)u_2-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right){u_1}^2\\&-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right)u_1\,u_2\Big)xy+\left(\frac{\partial}{\partial y}\eta(x,y,u)\right.\\&+\left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)-\frac{\partial}{\partial y}\xi_2(x,y,u)\right)u_2\\&-\left(\frac{\partial}{\partial y}\xi_1(x,y,u)\right)u_1-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right){u_2}^2\\&-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right)u_1\,u_2\Big)ux^2=0\end{aligned} \quad (36)$$

Reescrevendo (33)

$$u_2=\frac{-xyu_1+u}{ux^2} \quad (37)$$

Comutando (37) e (27) em (36), chegamos à simetria

$$\xi_1(x,y) = -(1/2)x, \quad \xi_2(x,y) = 0, \quad \eta(x,y) = 0 \tag{38}$$

Fornecendo para a equação (33) a solução particular:

$$u = (y^2 + C1 + y)/x^2 \tag{39}$$

Exemplo 3

Esta equação é não linear.

$$x\left(\frac{\partial}{\partial x}u(x,y)\right)^2 + \frac{\partial}{\partial y}u(x,y) + u(x,y) = 0$$

a resposta apresentada pela rotina pdsolve para esta 1pde é

$$u(x,y) = _F1(x) + _F2(y),$$

$$\left(\frac{d}{dx}_F1(x)\right)^2 = \frac{_c_1}{x} - \frac{_F1(x)}{x}, \frac{d}{dy}_F2(y) = -_c_1 - _F2(y)$$

Aplicando o método: reescrevendo a equação trocando os subíndices x e y por 1 e 2 respectivamente

$$x{u_1}^2 + u_2 + u = 0 \tag{40}$$

Empregando o operador gerador de simetria de primeira ordem

$$\chi^{(1)}(x{u_1}^2 + u_2 + u) = 0 \tag{41}$$

Isso nos leva a:

$$\xi_1(x,y,u)\,{u_1}^2 + \eta(x,y,u) + 2\,\eta_1\,u_1\,x + \eta_2 = 0 \tag{42}$$

Substituindo (18) e (19), obtemos

$$\xi_1(x,y,u){u_1}^2 + \eta(x,y,u) + 2\left(\frac{\partial}{\partial x}\eta(x,y,u) + \left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)\right.\right.$$
$$\left.-\frac{\partial}{\partial x}\xi_1(x,y,u)\right)u_1 - \left(\frac{\partial}{\partial x}\xi_2(x,y,u)\right)u_2 - \left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right){u_1}^2$$
$$\left.-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right)u_1u_2\right)u_1x + \frac{\partial}{\partial y}\eta(x,y,u) + \left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)\right.$$
$$\left.-\frac{\partial}{\partial y}\xi_2(x,y,u)\right)u_2 - \left(\frac{\partial}{\partial y}\xi_1(x,y,u)\right)u_1 - \left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right){u_2}^2$$
$$-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right)u_1u_2 = 0$$

Reescrevendo a equação (40)

$$u_2 = -{u_1}^2x - u \tag{44}$$

Substituindo (44) e (27) em (43) e supondo os infinitésimos como funções polinomiais, chegamos às seguintes simetrias:

1) $\xi_1(x,y) = 0, \quad \xi_2(x,y) = 1, \quad \eta(x,y) = 0$ (45)

2) $\xi_1(x,y) = x, \quad \xi_2(x,y) = 0, \quad \eta(x,y) = u$ (46)

Gerando as constantes:

$$C1 = \frac{\left(\sqrt{-xu} + x\right)^2}{x} \tag{47}$$

$$C2 = \left(\frac{x}{u} + 1\right)(\mathrm{e}^y)^{-1} \tag{48}$$

Levando à solução particular

$$u = \frac{x}{C2\,\mathrm{e}^y - 1} \tag{49}$$

Exemplo 4

Este exemplo é uma equação não linear.

$$x\left(\frac{\partial}{\partial x}u(x,y)\right)^2 + \frac{\partial}{\partial y}u(x,y) + u(x,y)(1-y) = 0$$

Para esta equação o pdsolve do MAPLE não apresenta solução.

Aplicando o método: reescrevendo a equação substituindo os índices

$$x{u_1}^2 + u_2 + u(1-y) = 0 \tag{50}$$

Empregando o operador $\chi^{(1)}$

$$\chi^{(1)}(x{u_1}^2 + u_2 + u(1-y)) = 0 \tag{51}$$

Obtemos

$$\xi_1(x,y,u)\,{u_1}^2 - \xi_2(x,y,u)\,u + \eta(x,y,u)(1-y) + 2\eta_1\,xu_1 + \eta_2 = 0 \tag{52}$$

substituindo (18) e (19) em (52), chegamos a

$$\begin{aligned}&\xi_1(x,y,u){u_1}^2-\xi_2(x,y,u)u+\eta(x,y,u)(1-y)\\&+2\left(\frac{\partial}{\partial x}\eta(x,y,u)+\left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)-\frac{\partial}{\partial x}\xi_1(x,y,u)\right)u_1\right.\\&\left.-\left(\frac{\partial}{\partial x}\xi_2(x,y,u)\right)u_2-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right){u_1}^2\right.\\&\left.-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right)u_1u_2\right)xu_1+\frac{\partial}{\partial y}\eta(x,y,u)+\left(\frac{\partial}{\partial u}\eta(x,y,u)\right.\\&\left.-\frac{\partial}{\partial y}\xi_2(x,y,u)\right)u_2-\left(\frac{\partial}{\partial y}\xi_1(x,y,u)\right)u_1-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_2(x,y,u)\right){u_2}^2\\&-\left(\frac{\partial}{\partial u}\xi_1(x,y,u)\right)u_1u_2=0\end{aligned} \tag{53}$$

Reescrevendo (50), ficamos com

$$u_2=-{u_1}^2x+uy-u \tag{54}$$

comutando (54), (27) em (53), supondo as funções de Lie como polinomiais e resolvendo para os coeficientes, obtemos a simetria

$$\xi_1(x,y)=x,\qquad \xi_2(x,y)=0,\qquad \eta(x,y)=u \tag{55}$$

Gerando para a equação (50) a solução particular:

$$u=-2\,\frac{e^{1/2\,y^2-y}x}{i\sqrt{\pi}e^{-1/2}\mathrm{erf}\left(1/2\,i\sqrt{2}y-1/2\,i\sqrt{2}\right)\sqrt{2}-2C1} \tag{56}$$

CONCLUSÃO

Em primeiro lugar, observamos que Bluman (BLUMAN; ANCO, 2002), em seu projeto, apresenta, para pdes de ordem maior ou igual a dois, a necessidade das aproximações $\xi_i(x,y,u)=\xi_i(x,y)$ e $\eta(x,y,u)=\eta(x,y)$, na determinação dos invariantes de Lie. No método descrito, também precisamos dessas mesmas estimativas para poder resolver as equações diferenciais parciais de primeira ordem.

Com o surgimento de ferramentas computacionais, como a plataforma MAPLE, podemos lograr desenvolver algoritmos que nos facilitam resolver integrais com maior grau de dificuldade. Assim, tentamos transpor os obstáculos que surgem ao se resolverem as integrais características que aparecem ao solucionar as 1pdes por quadratura. Para esse fim, utilizamos um método heurístico, ou seja, supomos as funções infinitesimais $\xi_i(x,y)$ e $\eta(x,y)$ do tipo polinomiais. Uma vez determinados os coeficientes das funções infinitesimais, geralmente, obtemos integrais menos complicadas, o que facilita a determinação dos invariantes. Sendo assim, conseguimos determinar soluções para algumas equações 1pdes, para as quais a poderosa rotina pdsolve do MAPLE mostra complexidade, como no exemplo 3, ou até não exibe nenhuma solução, como nos exemplos 1, 2 e 4. Logo, a ideia de desenvolver infinitésimos como funções polinomiais mostra-se vantajosa. Nosso processo apresenta resultados positivos em situações para as quais a rotina desenvolvida pelo programa MAPLE não apresenta solução. Porém, nosso algoritmo apresenta a limitação de resolver equações parciais com coeficientes polinomiais. Para aumentar o sucesso do processo, devemos ampliar o alcance das funções heurísticas contemplando as funções exponenciais e trigonométricas; assunto para trabalhos futuros.

Por fim, para facilitar nosso esforço na determinação dos resultados das 1pdes, formulamos um programa escrito na linguagem da plataforma MAPLE, o bicudo11 (NUNEZ, 2016). Esse programa determina os coeficientes polinomiais pertinentes às funções polinomiais das variáveis infinitesimais de Lie, levando à determinação das simetrias e, consequentemente, dos invariantes associados.

REFERÊNCIAS

BLUMAN, G.; ANCO, S. Symmetry and Integration Methods for Differential Equations. New York: Springer Verlang, 2002.

LIE, S. Differentialgleichungen. Leipzig, Teubner, 1891.

LIE, S. Vorlesungen uber differentiagleichungen mit bekannten infitetesimalen transformationen. Leipzig, Teubner, 1912.

NUNEZ, E. *Uma abordagem heurística à solução de equações diferenciais parciais através de simetrias de Lie*. 2016. 80 f. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física Armando Dias Tavares, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

DADOS DOS AUTORES

Emilio Nunez (emilionunez53@gmail.com). Doutor em Física. Professor titular do Cefet/RJ *campus* Maracanã (RJ).

Luis Fernado de Oliveira (lfolive@uerj.br) . Doutor em Engenharia Nuclear. Professor adjunto da Uerj *campus* Maracanã (RJ).

Nilo Pinto da Silva Filho (nilopintosilva@yahoo.com.br). Doutor em Ciência da Educação. Professor do Cefet/RJ *campus* Maracanã (RJ).

Caubi Blanck Martins (caublanck@yahoo.com.br). Pesquisador. Professor CEFET-Rj, *Campus* Maracanã (Rj).

FORMAÇÃO FIBROSA NA CÓRNEA DE AVES EMBRIONÁRIAS: ANÁLISES HISTOQUÍMICA E ULTRAESTRUTURAL

Elenice Correa-Gillieron

RESUMO: Globos oculares de embriões de *Gallus gallus domesticus,* classificados nos estágios 18,19, 20, foram processados para microscopia de luz (MO) e eletrônica (ME) com o objetivo de caracterizar uma rede fibrosa encontrada abaixo do epitélio da córnea, denominada *formação fibrosa* (FF). O estudo usou a digestão enzimática pela hialuronidase testicular (para MO) e colagenase (para a ME). A FF se corou em violeta brilhante pela resorcina-fucsina com oxidação prévia (é seletiva para as fibras oxitalânicas, FO) e pelo alcian blue (pHs 2,5 e 0,4) seletivos para glicosaminoglicanos (GAG). Sugere-se a associação entre GAG e as FO. A FF apresentou diâmetros de 10 a 12 nm (como as FO). As córneas adultas das aves são bastante convexas, e o surgimento de uma FF já no desenvolvimento embrionário, pode representar uma estrutura de resistência e flexibilidade a diferentes forças mecânicas que atuam sobre a córnea, corroborando, assim, com o papel biomecânico das FO.

Palavras-chave: Aves. Embrião. Córnea. Fibras oxitalânicas.

ABSTRACT: Eyeball obtained from chick embryos classified in the 18,19 and 20 stages (Hamburguer and Hamilton, 1951) were processed for light (MO) and electron microscopy in order to characterize a fibrous network found below the corneal epithelium, called fibrous formation (FF). The study used enzymatic digestion by testicular hyaluronidase (for MO) and collagenase (for ME. The results showed FF stained in bright violet by prior oxidation resorcin-fuchsin, which is selective for oxitalanic fibers, and alcian blue (at pH 2.5 and 0.4) selective for glycosaminoglycans (GAG). The association between GAG and FF and, perhaps, other extracellular matrix molecules is suggested. The adult cornea of the birds is very convex, and the appearance of an FF already in the embryonic development, can represent a flexible and resistant structure to different forces mechanisms that act on the cornea thus corroborating the biomechanical role of oxytalan fiber.

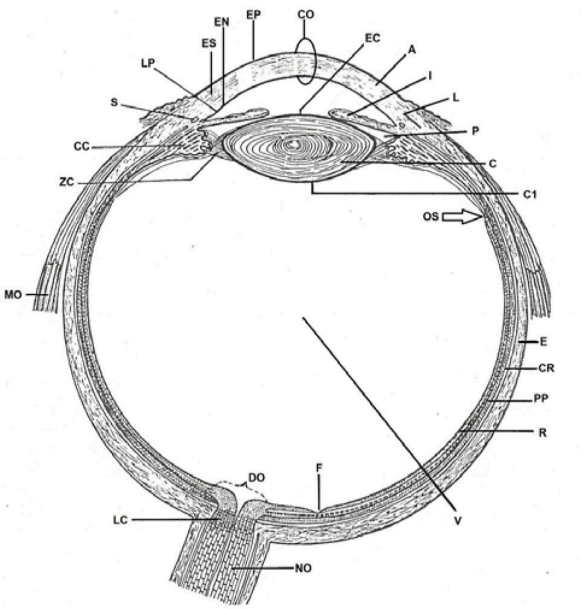
Keywords: Chick. Embryo. Cornea development. Oxytalan fibers.

INTRODUÇÃO

O globo ocular dos vertebrados (Figura 1) apresenta-se constituído por três túnicas estruturais, que, de fora para dentro, são: (a) túnica corneoescleral (esclera e córnea), (b) túnica vascular (coroide, estroma do corpo ciliar e íris) e (c) túnica nervosa ou retina (epitélio pigmentado externo e retina neural interna). A córnea é o principal elemento refrativo do olho, sendo uma estrutura transparente, com milímetros de espessura e não vascularizada, cujas porções periféricas terminam no limbo corneoescleral, a zona de transição entre a esclera (camada mais externa e fibrosa do olho) e a própria córnea. Nos humanos, o estroma da córnea (99% da córnea) é constituído por 60 lamelas finas de fibrilas colágenas arranjadas ortogonalmente e envoltas por uma matriz extracelular que contém proteoglicanos, constituídos de glicosaminoglicanos (GAGs), que são polímeros lineares longos, não flexíveis e com cadeias não ramificadas, constituição por unidades dissacarídicas repetidas, ligadas à proteína central do proteoglicano (MACBREDI; TRELSTAD; SILVER, 1988; ROSS; PAWLINA, 2012).

As aves possuem estruturas oculares similares às dos répteis e mamíferos, além de estruturas únicas para adaptação ao voo (STURKIE, 1976; MONTIANI-FERREIRA; CARDOSO; PETERSEN-JONES, 2004; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007). As aves podem apresentar três tipos básicos de olho: achatado, como na maioria das espécies; globular, presente em muitos falcões; ou tubular, encontrado nas corujas e em muitas águias. O globo (bulbo) ocular (WILLIAMS, 2012) é alongado, lembrando um cone, com a base maior voltada para a frente, e dotado de um grande poder de acomodação. Uma característica especial das aves é a pronunciada convexidade da córnea (muito arredondada para fora) o que deixa a parte interna bastante côncava (Figura 2), e isto varia conforme a espécie (MONTIANI-FERREIRA; CARDOSO; PETERSEN-JONES, 2004). As aves possuem o pécten, uma estrutura pigmentada e vascularizada que tem a forma semelhante a um pente (Figura 2). Projeta-se para o corpo vítreo a partir do ponto onde o nervo óptico entra no globo ocular, e sua função está relacionada ao aporte de oxigênio (HICKMAN *et al.*, 2013), entre outras mais de 30 possíveis funções (GELATT, 2012; GARGIULO, 2015).

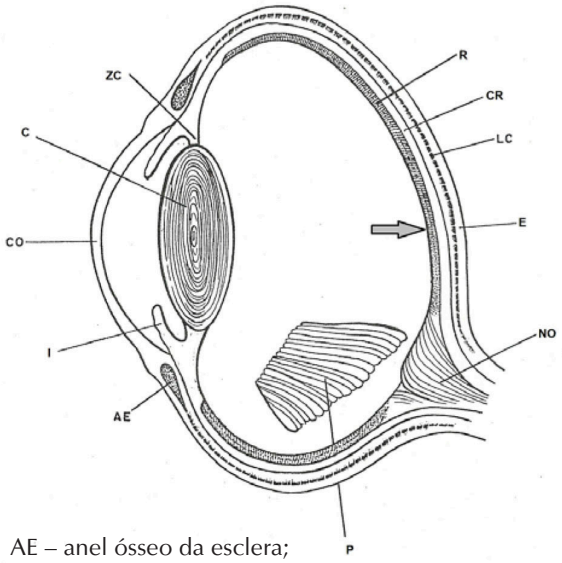
Figura 1 – Esquema de corte sagital de olho de mamífero



A – câmara anterior;
P – câmara posterior;
V – câmara vítrea;
C – cristalino;
C1 – cápsula do cristalino;
CC – corpo ciliar;
CO – córnea;
CR – coroide;
EP – epitélio da córnea;
EN – endotélio da córnea;
PP – epitélio pigmentado da retina;
S – canal de Schlemm;
EC – epitélio do cristalino;
E – esclera;
ES – estroma da córnea;
DO – disco óptico;
F – fóvea central;
I – íris;
LC – lâmina crivosa;
L – região do limbo;
LP – ligamento pectíneo;
MO – músculo ocular;
NO – nervo óptico;
R – retina;
OS – ora serrata (seta);
ZC – zônula ciliar

Fonte: modificado de Sobotta

Figura 2 – Esquema de corte sagital de olho de *Gallus gallus domesticus*



AE – anel ósseo da esclera;
CO – córnea;
CR – coroide;
C – cristalino;
E – esclera;
I – íris;
LC – lâmina cartilaginosa;
NO – nervo óptico;
ZC – zônula ciliar;
P – pécten;
R – retina;
F – fóvea (seta)

Fonte: modificado de André Rochon – Duvigneaud

O bulbo ocular das aves é mantido pela cartilagem hialina (anel esclerótico) presente na porção posterior da esclera (branco do olho) e por 10-18 ossículos esclerais (BAUMEL, 1993; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; GELATT, 2012; RODARTE-ALMEIDA, 2013), que se arranjam em volta dos limites da córnea. Os ossículos, além de protegerem e sustentarem o globo ocular durante a deformação ocorrida no momento do voo ou mergulho, devem servir para compensar a possível perda de rigidez associada às variações na convexidade da córnea (USINGER, 1976; MONTIANI-FERREIRA; CARDOSO; PETERSEN-JONES, 2004; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007), durante a excelente acomodação visual das aves. A acomodação visual consiste na mudança da distância focal do cristalino e envolve alteração na curvatura corneana (CANDIOTO, 2011). A córnea das aves adultas é relativamente mais fina e tem cinco camadas, sendo a de Bowman acelular e abaixo do epitélio (WILLIS; WILKIE, 1999; CANDIOTO, 2011; WILLIAMS, 2012). Na ave, a condensação dos tecidos da córnea que conduz à sua transparência característica inicia-se sob a influência da tireoide, por volta do 14º dia de incubação do ovo (THOMMES, 1987; DARAS, 2019).

Para Deeming (2002), o desenvolvimento embrionário pode ser dividido em duas partes: a diferenciação e o crescimento. Na ave, a maioria das estruturas embrionárias surge nos doze primeiros dias de incubação, formando-se, portanto, durante a diferenciação. O desenvolvimento embrionário de *Gallus gallus* (Figura 3), ocorre quando o ovo é incubado (39,5ºC). Com 16-18h de incubação, já se observa o espessamento do ectoderma dorsal para formar a placa neural. Com cerca de 23-26h, as pregas neurais são visíveis, e se inicia a formação do tubo neural. No estágio 9, cerca de 29-33h, as vesículas ópticas primitivas estão visíveis e em diferenciação. No período de crescimento, o embrião aumenta de tamanho e os tecidos se desenvolvem, até a ave estar pronta para eclodir (GUIDA, 2018). Hamburger e Hamilton, em 1951, descreveram o desenvolvimento embrionário de *Gallus gallus domesticus* em 46 estágios, em função apenas das características morfológicas externas, de acordo com o dia de incubação, independentemente do tamanho do embrião.

Figura 3 – Ovo de *Gallus gallus domesticus* em incubação (48h a 72h de incubação)

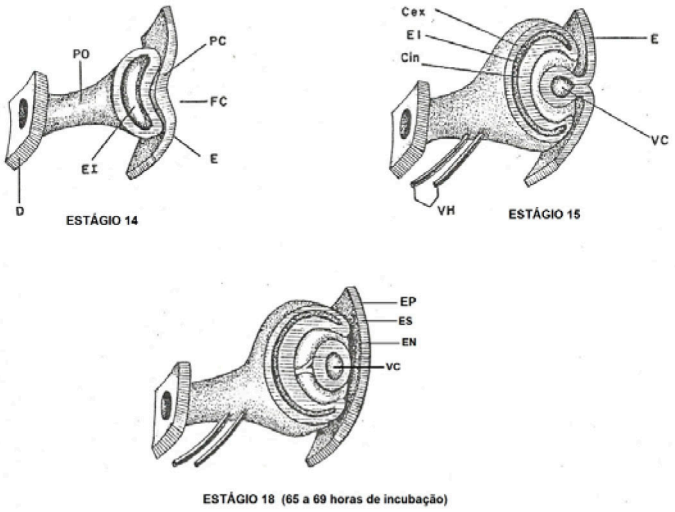
Nota-se a casca aberta e a cabeça do embrião esta sendo apontada pela linha preta. Observa-se a área vascularizada (estrela simples preta). São visíveis os ramos arteriais, artéria vitelina (cabeça de seta preta). Com 48h, temos a formação dos vasos sanguíneos e do coração que começa a bater.

Figura 4 – Embrião de *Gallus gallus domesticus* em incubação (Estágio 18)

Fonte: Modificado de Hamburguer e Hamilton, 1951

No presente estudo, os estágios 18 (Figura 4), 19 e 20, analisados, correspondem ao período de 65h a 72h de incubação. No estágio 20, os olhos já estão levemente pigmentados em tom acinzentado (Figura 4 – HAMBURGUER; HAMILTON, 1951). No estágio 14 (50h a 53h de incubação), as vesículas ópticas primitivas começam a invaginar para formar o placoide do cristalino (Figura 5). Esse estágio marca, nas aves, o início do processo de maturação da córnea, que deve se definir por volta dos estágios 15-16 (HAMBURGER; HAMILTON, 1951; FREEMAN; BRACEGIRDLE, 1982; HALL, 2008). Quando a córnea para de crescer, torna-se resistente à deformação, momento este justamente quando se diferencia o anel esclerótico, na esclera adjacente. A córnea se desenvolve em parte do ectoderma superficial que recobre a cabeça do embrião (Figura 5) e que será o futuro epitélio da córnea (Figuras 2 e 5) e, em parte, do mesênquima cefálico que invade essa região do olho em formação (TOOLE; TRELSTAD, 1971). Esse mesênquima divide-se em duas porções: (a) a anterior, que migra abaixo do ectoderma superficial e contribui para formar o estroma da córnea; e (b) uma mais posterior, que originará o tecido conjuntivo da íris (ver Figura 2).

Figura 5 – Esquemas e cortes sagitais de olhos embrionários de aves nos estágios 14, 15 e 18



D – parede do diencéfalo;
PO – pedúnculo óptico;
EI – espaço intrarretiniano;
PC – placóide do cristalino;
FC – fosseta do cristalino;
E – ectoderma superficial;
Cex – camada externa do cálice óptico;
Cin – camada interna do cálice óptico;
VC – vesícula do cristalino;
VH – vasos hialoides.

Em diferenciação:
EP – epitélio da córnea;
ES – estroma da córnea;
EN – endotélio da córnea

Fonte: modificado de Moore *et al.*, 2016

Segundo Hay (1980), há dois influxos mesenquimais na formação da córnea, uma característica de répteis, aves, primatas e humanos. Esse mesênquima migratório e subepitelial dá origem ao estroma da córnea (ver Figura 8), sendo, inicialmente, constituído por fibrilas colágenas desorganizadas, dispersas numa massa de glicosaminoglicanos (GAGs) em sua maioria sulfatados (TRELSTAD; COULUMBRE, 1971). Na matriz extracelular, os proteoglicanos se constituem-se de uma proteína central onde se ligam covalentemente cadeias de GAGs (HASCALL; KIMURA,1982). A classe dos GAGs comporta dois tipos: GAGs sulfatados e GAGs carboxilados. Os GAGs agem como poliânions, atraindo moléculas orgânicas e inorgânicas com carga positiva. Assim, são facilmente precipitados por corantes básicos (catiônicos), como o alcian blue (MATHEWS, 1967; MCKEOWN; GOETINCK, 1979). A alta viscosidade e a grande hidrofilia dos GAGs conferem-lhes características de moléculas lubrificantes e capazes de reter água e, desse modo, os GAGs agem como um gel hidrofílico ao nível da matriz extracelular, possivelmente envolvido na tarefa de absorver as forças de compreensão atuantes sobre essa matriz. Na córnea de aves, o seu epitélio produz colágenos e GAGs sulfatados, e a coloração positiva para esses GAGs é muito evidente no período de maturação da córnea (CONRAD, 1970). O ácido hialurônico é sintetizado pela córnea embrionária mais ou menos no quinto dia de incubação (TRELSTAD; HAYASHI; TOOLE, 1974).

Em 1983, Allodi, estudando a zônula ciliar em embriões de *Gallus gallus domesticus*, concluiu que essa estrutura era constituída por fibras oxitalânicas, devido à sua capacidade de se corar pela resorcin-fucsina com oxidação prévia pela oxona. As fibras oxitalânicas fazem parte do sistema de fibras elásticas da matriz extracelular, que é constituído por três tipos: elásticas, elauninicas e oxitalânicas. As oxitalânicas, descobertas casualmente por Fullmer (1958), são formadas por feixes de microfibrilas com 10-12nm de diâmetro, idênticas às microfibrilas da fibra elástica, porém não possuem a proteína elastina como material amorfo de permeio (COTTA-PEREIRA *et al.*, 1976; 1977). As oxitalânicas se coram seletivamente pela resorcin-fucsina (RF) de Weigert (WEIGERT, 1898) precedida de oxidação e, ainda, pelos corantes aldeído-fucsina (GOMORI, 1950) e orceína (UNNA, 1890; COTTA-PEREIRA *et al.*, 1976; BANCROFT; COOK, 1994), ambos, igualmente, precedidos de oxidação. Em 1974, Fullmer *et al.* sugeriram que o componente corável nas fibras oxitalânicas seria uma mucosubstância associada, e não a fibra em si, e essa sugestão corro-

borava com outros autores (GRIFFIN; HARIS, 1967), que já haviam sugerido que algum material amorfo e não eletrodenso estaria presente associado às fibras oxitalânicas, e seria responsável por sua coloração pela RF, por exemplo. Segundo Fullmer e Lillie (1958), a capacidade de coloração dessas fibras seria devido à presença de uma substância semelhante a um gel (mucopolissacarídeos ácidos), que estaria associada aos elementos fibrosos. O estudo de Puchtler *et al.* (1961) reforçou essa sugestão, apontando a RF como um corante capaz de corar mucosubstâncias ácidas, os GAGs. Mais tarde, outros autores (SAMPSON, 1979) mostraram que as fibras oxitalânicas eram coráveis por uma grande variedade de corantes catiônicos, entre eles o alcian blue (CORREA, 1986), um corante para GAGs. No entanto, ainda é obscuro o mecanismo real pelo qual as fibras oxitalânicas se coram. As oxitalânicas aparecem frequentemente em locais sujeitos a intensas forças mecânicas, o que caracterizou um papel biomecânico para tais fibras, o de resistência, apesar de flexibilidade (COTTA- PEREIRA, 1984).

No presente estudo, a córnea de embriões de *Gallus gallus domesticus* nos estágios 18,19 e 20 foi estudada. Uma *formação fibrosa* foi identificada à microscopia de luz , pela resorcia-fucsina e o alcian blue, e os resultados comparados com a microscopia eletrônica de transmissão.

METODOLOGIA

Ovos embrionários de *Gallus gallus domesticus* da raça Leghorn foram incubados a 37,4ºC por 2½ dias a 3 dias, em câmara úmida DOVE, e, em seguida, uma abertura foi feita na casca dos ovos (Figura 3) para expor os embriões, que foram retirados com o auxílio de um anel de papel de filtro, colocado sobre toda a região periférica e vascularizada do embrião (Figura 3, estrela preta). A margem do papel de filtro era gentilmente pressionada sobre essa região subjacente e, após todo o embrião aderir ao anel de papel de filtro, este era transferido para uma placa de Petri com solução fisiológica a 0,9%, para a classificação dos estágios segundo Hamburger e Hamilton (1951). Para os embriões no estágio 20 (70h a 72h de incubação), não era necessário o anel de papel de filtro, pois poderiam ser coletados diretamente e colocados em solução fisiológica para classificação. Os embriões foram fixados em solução de Bouin, a 4ºC, por 3 a 4 dias, e processados pelo modo clássico para microscopia de luz (MO). A inclusão foi feita de forma a obter cortes sagitais ou transversais dos globos oculares. Os cortes em parafina foram feitos na espessura de 5 µm e montados em lâminas histológicas comuns com Entellan. Essas preparações histológicas foram divididas em três grupos (A, B, C), desparafinadas e hidratadas pelo método clássico antes das colorações, e processadas conforme cada tratamento para cada grupo (ver Tabela 1).

Para a microscopia eletrônica (ME), foram usados embriões apenas no estádio 20, que foram fixados em glutaraldeído a 3% e ácido tânico a 0,25% em tampão Milloning 0,1 M pH 7,3, por 2h à temperatura ambiente. O material foi dividido em dois grupos: um sofreu tratamento pela colagenase (para remoção das fibras colágenas) e o outro não (grupo controle). Após o processamento do material pelo modo clássico para ME, a inclusão foi feita em Epson (60ºC por 72h), com orientação para obtenção de cortes semifinos sagitais que foram corados pelo Azul de Toluidina a 5% em carbonato de sódio a 2,5%, e serviram de orientação para os cortes ultrafinos (60nm), colhidos em grades cobertas com Formvar, e contrastados com acetato de uranila e citrato de chumbo, que foram analisados em microscópio eletrônico ZEISS.

Para o tratamento enzimático feito no material em parafina, foi usada a hialuronidase testicular na forma comercial Hialozima, que apresentava grau de pureza de 98% (especificações do fabricante). Segundo Pearse (1980), as preparações comerciais são mais indicadas, pois são livres de contaminantes. A quantidade de cada frasco (20.000 UTR) foi dissolvida de duas maneiras: (a) em 10 ml de solução salina a 0,9%, pH 7,0 (PEARSE, 1980); (b) em 10 ml de solução de fosfato de sódio, ajustada com HCL para pH 5,5 (ZUGIBE, 1962). Os dois tipos de soluções e pHs promovem a perfeita atuação da enzima. Nessas condições, a hialuronidase digere: o ácido hialurônico, a condroitina e os condroitin-sulfatos A e C. A solução enzimática era pingada sobre os cortes (ver Tabela 1) até cobri-los e, em seguida, ocorria a incubação por 4h a 37ºC, para a digestão enzimática.

A coloração pelo corante resorcin-fucsina (RF) (WEIGERT, 1898) com e sem oxidação pela oxona a 10% era realizada por 1h (FULLMER *et al.*, 1974) e a oxidação por 45 minutos. A técnica da RF precedida de oxidação destina-se a evidenciar as fibras oxitalânicas, corando-as de violeta brilhante, e, sem oxidação, evidencia as demais elásticas (elauninicas e elástica), diferenciando-as das oxitalânicas. Sempre após a RF as preparações lavadas em etanol decrescente eram coradas pelo Orange aquoso 5% (1 minuto) para coloração de fundo.

A coloração pelo Alcian Blue 8GS (AB-8) por 2h (STEEDMAN, 1950; LEV; SPICER, 1964) destina-se a corar GAGs, em azul forte. No pH 2,5 (alcian blue a 1% em ácido acético a 3%) releva GAGs sulfatados e os carboxilados, e no pH 0,4 (alcian blue a 1% em solução de ácido clorídrico-fosfato) cora seletivamente os sulfatados (COTTA-PEREIRA, 1984). Antes da coloração e após, as preparações eram passadas pela solução de acético ou pelo ácido clorídrico-fosfato, de acordo com o pH. Foi igualmente usada a oxidação pela oxona a 10%, antes do alcian blue, para comparação com as preparações não oxidadas e coradas.

Tabela 1 – Tratamentos a que foram submetidas as preparações histológicas de embriões nos estádios 18, 19 e 20 (HH) – 65h a 72 h de incubação

GRUPOS	TRATAMENTOS
GRUPO A 8 preparações do estágio 18 8 preparações no estágio 19 8 preparações do estágio 20 Total = 24 preparações	Sem tratamento enzimático, sofriam apenas colorações: 1º) coloração pela RF sem oxidação e com oxidação prévia* (4 preparações de cada estágio); 2º) coloração pelo AB-8 pH2,5 sem oxidação e com oxidação prévia* (4 preparações de cada estágio).
GRUPO B 8 preparações do estágio 18 8 preparações no estágio 19 8 preparações do estágio 20 Total = 124 preparações	1º) Digestão enzimática prévia** (todas as 24 preparações); 2º) oxidação prévia* e coloração pela RF (2 preparações de cada estágio) e pelo AB-8 (2 preparações de cada estágio); 3º) coloração pela RF (2 preparações de cada estágio) e pelo AB-8 (2 preparações de cada estágio).
GRUPO C 8 preparações do estágio 18 8 preparações no estágio 19 8 preparações do estágio 20 Total = 24 preparações	1º) Oxidação prévia* (todas as 24 preparações); 2º) digestão enzimática prévia** após oxidação (todas as 24 preparações); 3º) Coloração pela RF e pelo AB8 (todas as 24 preparações).

RF = Resorcina-fucsina de Weigert; AB-8 = Alcian Blue 8GS; HH = Hamburguer e Hamilton (1951)

*oxidação pela oxona a 10% (monoperssulfato de potássio)

** Digestão com 20.000 UTR de hialuronidase testicular pHs 5,5 e 7,0 (para fazer este último pH, a quantidade de lâminas era duplicada)

Para a microscopia eletrônica de transmissão, o material fixado foi passado em tampão Millonig a 0,1M pH 7,3 (2 banhos) e TRIS HCl a 0,05M pH 7,4 com 0,001M de $Cacl_2$ (1 banho) antes de seguir para a incubação em banho-maria sob movimento contínuo a 37ºC por 14 horas, com a colagenase (Collagenase CLS IV da Worthington Biochemical CO., Freehold, New Jersey, USA), na concentração de 5 mg/ml (dissolvida em tampão TRIS HCL 0,05M, pH 7,4, contendo 0,001M de $CaCl_2$) para digestão das fibras colágenas. Essas condições são adequadas para a colagenase digerir colágenos (MONTES; JUNQUEIRA, 1982). Após a incubação, o material lavado nos tampões usados é pré-fixado em tetróxido de ósmio a 1% (em tampão Millonig, pH 7,3) por 1h (COTTA-PEREIRA *et al.*, 1976) e incluído em Epon. O grupo destinado a servir de controle para esse método não passou pelo tratamento enzimático e tampão Tris HCL 0,05M.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A observação dos cortes de embriões nos estágios 18, 19 e 20 ao MO, demonstrou a presença de uma rede de fibras (a *formação fibrosa*) presente na periferia das córneas e partindo do seu epitélio, corada em violeta brilhante pela RF com oxidação prévia pela oxona (Tabela 2, Figura 6, 7, 8, 9) e que não era positiva em todos os estágios, para a RF sem oxidação pela oxona (Figura 9). Esses resultados certificam que as fibras da *formação fibrosa* são oxitalânicas (Tabela 2). A literatura de estudos sobre a embriologia das aves do século 20 já havia citado fibras possivelmente oxitalânicas na região de desenvolvimento do olho, porém, sem se ater à córnea (ALLODI, 1983).

Tabela 2 – Tratamentos a que foram submetidas as *formações fibrosas* observadas partindo do epitélio das córneas, nos estádios 18, 19 e 20 (HH) – 65h a 72h de incubação – e resultados obtidos

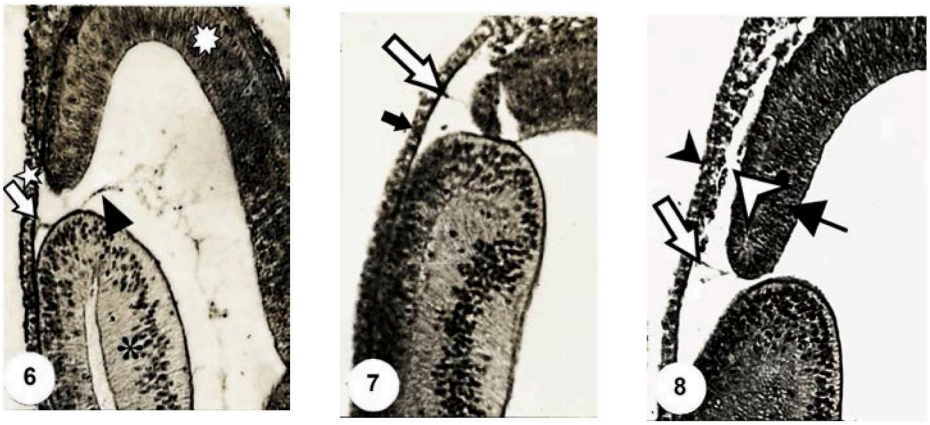
TRATAMENTOS		COLORAÇÃO
RF		NEGATIVA
OX + RF		POSITIVA (coloração violeta brilhante)
ENZ + RF		NEGATIVA
ENZ + OX + RF		POSITIVA (coloração violeta brilhante)
OX + ENZ + RF		NEGATIVA
AB8	pH 2,5	POSITIVA
OX + AB8	pH 2,5	POSITIVA
ENZ + AB8	pH 2,5	POSITIVA
ENZ + OX +AB8	pH 2,5	POSITIVA
OX + ENZ + AB8	pH 2,5	POSITIVA
AB8	pH 0,4	POSITIVA fraca
OX + AB8	pH 0,4	POSITIVA
ENZ + AB8	pH 0,4	POSITIVA fraca
ENZ + OX + AB8	pH 0,4	POSITIVA
OX + ENZ + AB8	pH 0,4	NEGATIVA

RF – Coloração pela resorcina-fucsina de Weigert; OX – oxidação pela oxona a 10%; ENZ – digestão enzimática pela hialuronidase testicular, AB-8 – Alcian Blue 8G

Figura 6 – Fotomicrografias de cortes transversais em parafina do bulbo ocular de *Gallus Gallus domesticus*, com oxidação pela oxona e corado pela RF no estágio 18, mostrando resultado positivo para a formação fibrosa (FF) – seta branca e preta – que se cora em violeta brilhante e aparece partindo do epitélio da córnea (estrela branca e preta) e da lateral (seta preta) do cristalino em desenvolvimento; cálice óptico (estrela com múltiplas pontas brancas e pretas). Aumento: 235X.

Figura 7 – Fotomicrografias de cortes transversais em parafina do bulbo ocular de *Gallus Gallus domesticus*, com oxidação pela oxona e corado pela RF no estágio 19, mostrando resultado positivo para a formação fibrosa (FF) corada em violeta brilhante (seta branca e preta) e partindo do epitélio da córnea (seta preta larga). Aumento: 235X.

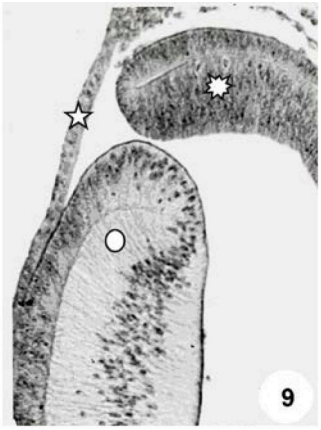
Figura 8 – Fotomicrografias de cortes transversais em parafina do bulbo ocular de *Gallus Gallus domesticus*, com oxidação pela oxona e corado pela RF no estágio 20, com resultado positivo para a formação fibrosa (FF) corada em violeta brilhante (seta branca e preta) e partindo do epitélio da córnea (cabeça de seta preta), parte do cálice óptico (seta fina e preta) se dispõe adjacente ao mesênquima em migração para a região subepitelial, para contribuir para o estroma da córnea, que é apontado pela cabeça de seta branca e preta. Aumento: 235X.



Outras fibras com afinidade tintorial semelhante à da formação fibrosa (Figura 9) apareciam partindo da porção mediana e lateral da vesícula do cristalino em formação e da porção posterior desta, porém, essas fibras se dirigiam para o espaço vítreo e eram independentes da formação fibrosa, e possivelmente farão parte do vítreo.

Desde a clássica descrição das propriedades tintoriais das fibras oxitalânicas em 1958 por Fullmer e Lillie, é sabido que tais fibras têm afinidade pela RF, pelo aldeído-fucsina e pela orceína, após oxidação prévia pelo ácido peracético. Em 1963, o ácido peracético foi substituído pelo monossulfato de potássio a 10% (oxona) (FEHER; JENNINGS; RANNIE, 1971). O resultado da oxidação levou os autores a sugerir que tais fibras teriam uma espécie de componente na forma reduzida, que só seria capaz de reagir a tais corantes se sofresse oxidação prévia, pois tanto a oxona quanto o ácido peracético podem clivar ligações dissulfeto, formando ácidos com potencial para se ligarem aos corantes citados acima. A oxidação induziria à exposição de grupamentos reativos, com afinidades por esses corantes, como deve ter ocorrido com a *formação fibrosa* deste estudo, e não por outros corantes, que também coram as fibras do sistema elástico, como a hematoxilina férrica de Verhoeff, entre outros. Apesar das variadas sugestões e de tantos estudos realizados, ainda é controverso o mecanismo de coloração das fibras oxitalânicas pela RF, mesmo em discussões mais recentes, como o mapeamento das fibras do sistema elástico na inserção epitelial de fibras gengivais humanas (MACHADO *et al.*, 2009), em que os autores relataram muitas fibras oxitalânicas na inserção, principalmente nas papilas do tecido conjuntivo, bem próximas à membrana basal, formando uma malha delicada, um padrão de distribuição que apareceria em humanos e animais.

Figura 9 – Fotomicrografia de corte transversal em parafina do globo ocular de *Gallus Gallus domesticus*, no estágio 19, sem oxidação pela oxona e corado pela RF. Não é observada a formação fibrosa (FF), partindo do epitélio da córnea (estrela e preta) e nem do cálice óptico (círculo branco e preto) em desenvolvimento. Cálice óptico (estrela com múltiplas pontas brancas e pretas). Os demais estágios (18 e 20) apresentaram o mesmo tipo de resultado negativo para a FF. Aumento: 235X.



No presente estudo, quando a digestão pela hialuronidase testicular era feita antes da RF com oxidação, a *formação fibrosa (FF)* continuava corada em violeta brilhante (Tabela 2; Figura 10), o que levou a inferir que a enzima não interferiu em grupamentos coráveis ao método RF. Essa suposta insensibilidade à hialuronidade, do material corável pela RF com oxidação prévia na *formação fibrosa*, pode estar indicando um composto cujos sítios de ligação sensíveis estão bloqueados, talvez envolvidos nas ligações dissulfeto. Essa enzima é uma endoglicosidase, que atua em ligações entre unidades dissacarídicas dos GAGs. Ela é despolimerizante do ácido hialurônico (glucosaminoglicano), transformando a longa molécula de ácido hialurônico em ácido hialurônico oligossacarídeo (MELO; SOUZA FILHO, 2002), e atua no sulfato de condroitina (BORDON,2012). Portanto, esses GAGs não teriam sido afetados pela hialuronidase, devido à sua forma de associação com as fibras oxitalânicas da FF e/ou outros elementos da região subepitelial da córnea. Se a enzima foi usada após a oxidação (Figura 11), a *formação fibrosa* não se corou (Tabela 2) pela RF, um indício da remoção dos compostos pela enzima. Os resultados sugerem que a oxidação prévia favorece a digestão pela enzima de GAGs (ac. hialurônico e condroitina), associados a fibras oxitalânicas da FF, e a presença deles na FF corrobora, em parte, o relatado por Fullmer e Lillie (1958) de que alguma mucosubstância estaria em permeio às fibras oxitalânicas. Esse resultado se repetiu para os três estágios estudados (Tabela 2) levando a inferir que, em embriões de *Gallus gallus domesticus*, nos estágios 18, 19 e 20, a *formação fibrosa*, partindo do epitélio da córnea em desenvolvimento, é constituída de fibras oxitalânicas, em associação com GAGs tipo ácido hialurônico e condroitina.

O tratamento da *formação fibrosa* (FF) pelo alcian blue (AB) em ambos os pHs usados (Tabela 2), corando-se em azul forte, comprova a presença de GAGs sulfatados e carboxilados, tipo ácido hialurônico (SPALLICCI *et al.*, 2000; LOPES *et al.*, 2008; BORDON *et al.*, 2012), em associação com as fibras oxitalânicas da FF. Com o AB pH 2,5 da associação, há hialuronidase antes do corante, não removeu a positividade em azul forte da *formação fibrosa*, evidenciando a presença de GAGs sulfatados e carboxilados (Tabela 2) e, mesmo quando a enzima era usada antes da oxidação, portanto, enzima e oxidação não alteravam a positividade da FF ao alcian blue pH 2,5 nessas condições.

Figura 10 – Fotomicrografias de cortes transversais em parafina do globo ocular de *Gallus Gallus domesticus* nos estágios 18, 19 e 20 (65h a 72h de incubação), tratados pela hialuronidase antes da oxidação pela oxona e corados pela RF: (a) Est. 18, no lado esquerdo da foto, a seta branca mostra a região subepitelial, com a formação fibrosa corada em violeta brilhante e, do lado direito da foto, a cabeça de seta preta, aponta a região epitelial e de onde começam a se desenvolver algumas poucas fibras dessa formação; futuro epitélio da córnea (estrelas brancas e pretas); parte do cálice óptico em desenvolvimento (estrela branca); câmara vítrea (quadrado branco e preto); (b) Est. 19, *formação fibrosa* (seta branca); fibras coradas pela RF com oxidação (e hialuronidase antes da oxidação) à semelhança da *formação fibrosa*, porém partindo da parte lateral e da posterior do cálice óptico em desenvolvimento (setas pretas); (c) Est. 20, formação fibrosa corada e direcionada para o espaço subepitelial (seta branca); Aumentos: (a, b, c) 310X.

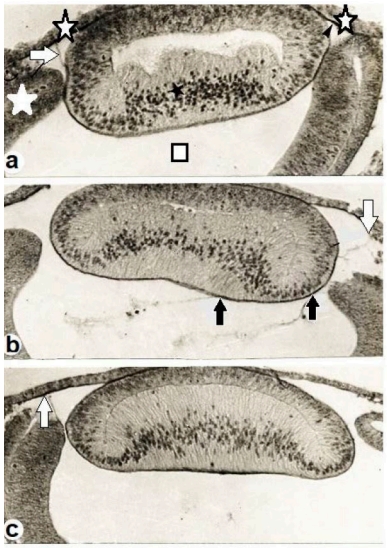
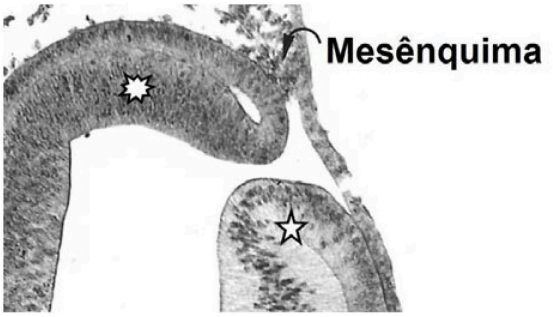


Figura 11 – Fotomicrografia de corte transversal em parafina do bulbo ocular de *Gallus Gallus domesticus* no estágio 18, tratado pela hiarulonidase depois da oxidação pela oxona, e então corado pela RF. Observa-se um resultado negativo para a coloração pela resorcin fucsina. O mesmo resultado aconteceu nos estágios 19 e 20. Parte do cálice óptico em desenvolvimento (estrela com múltiplas pontas, brancas e pretas); parte do cristalino (estrela branca e preta). O mesênquima se encontra migrando para a região subepitelial. Aumento: 235X.



Os processos de colorações histoquímicas são bastante complexos e envolvem amplas discussões que não cabem ao presente estudo, mas os resultados coloração da *formação fibrosa* pelo AB nesse pH corroboram estudos clássicos (SAMPSON, 1979) que inferiram que substâncias coráveis pelo AB nas oxitalânicas seriam GAGs sulfatados e não sulfatados (carboxilados), sendo estes últimos os mais participantes. Como as oxitalânicas têm apenas o elemento microfibrilar, sem elastina de permeio, seria bastante viável a presença de material amorfo tipo GAGs entre as microfibrilas oxitalânicas. Ao tratamento pelo AB em pH 0,4, ocorreram variações significativas na coloração azul da FF. Esta era mais tênue. Porém, após a oxidação, pareceu mais expressiva (Tabela 2), indicando que, nesse pH, a coloração pelo AB foi intensificada pela oxidação. Sem oxidação e com digestão enzimática, a coloração era novamente tênue (fraco-positiva). Assim, o composto corável em AB ph 0,4 (que atua como o pH 1,0 – SAMPSON, 1979), os GAGs sulfatados não sofrem a ação da hiarulonidase, a menos que esta seja colocada após a oxidação, quando então a coloração azul da FF desaparece, mostrando que GAGs sulfatados e oxidáveis são digeridos pela hialuronidase (Tabela 2).

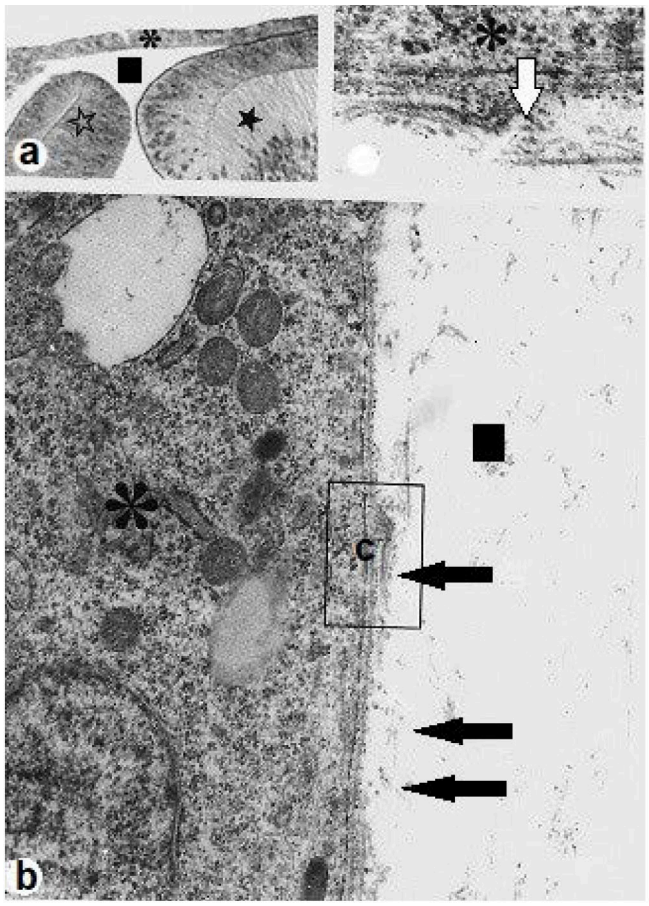
Melo e Souza Filho (2002), em análise por eletroforese sobre a ação enzimática de glicosidases (*a* e *b*-endoglicosidases) envolvidas na degradação de GAGs sulfatados de crustáceos, evidenciaram a degradação de bandas de condroitin-sulfato e heparan-sulfato, à medida que se aumentava a concentração da enzima. Os autores ressaltaram a importância da endoglicosidase no processo de maturação cervical, onde induzem a produção de citocinas e colagenases, fundamentais para o processo de amadurecimento cervical. Lopes *et al.* (2008), usando ratas albinas (90 dias pós-natais), mostraram que a cérvix considerada imatura, quando não há gravidez, é uma estrutura fibrosa, situação onde há maior proporção de GAGs sulfatados. Nesse caso, quando tratada com hialuronidase, mostra uma quantidade *sútil* de GAGs sulfatados, à semelhança do que aconteceu com a FF, quando tratada pela hialuronidase e corada pelo AB pH 0,4. As modificações evidenciadas na matriz extracelular da cérvix uterina com as endoglicosidase promoveram alterações bioquímicas compatíveis com maturação cervical, em caso de gravidez, preparo da região para o parto. A alteração da coloração da FF (desaparecimento) à hialuronidase após oxidação mostrada no presente estudo pode ainda estar associada às modificações comprometedoras na matriz extracelular da córnea, e merecem estudos investigativos. Spallicci *et al.* (2000) usaram a mesma Hialozima (20.000 UTR) utilizada no presente estudo.

Córneas de aves possuem GAGs sulfatos tipo condroitin-sulfato (galactosaminoglicano), condroitina, queratan-sulfato (glucosaminoglicanos), dermatan- sulfato (o glicosaminoglicano principal sintetizado em culturas de córneas), o heparan-sulfato (também em culturas de córneas) (SORIANO, 2000), este em quantidades muito pequenas (abaixo do limite de detecção). Na córnea humana em cultura (SORIANO, 2000), o epitélio, o endotélio e o estroma sintetizam GAGs, e os ceratócitos foram os principais responsáveis pela síntese de dermatan-sulfato e queratan-sulfato, enquanto as células epiteliais produziram basicamente hepara- sulfato. Essas informações podem exemplificar os complexos processos que estariam acontecendo em córneas embrionárias, como as estudadas nos estágios de HH, quando tudo ainda está se desenvolvendo. O ácido hialurônico, por exemplo, deveria ser o menos considerado no presente estudo, pois sua produção parece acontecer a partir de estagio 24 (TOOLE; TRELSTAD, 1971; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007).

O tratamento prévio pela enzima hialuronidase testicular, realizado neste estudo, seguiu os princípios de Fullmer e Lillie (1958), sobre o que é corável nas fibras oxitalânicas, um muco composto, e os estudos de Franco-Browder *et al.* (1963), que relataram uma grande quantidade de GAGs nos tecidos em fase embrionária, inclusive com capacidade de interagir com elementos fibrosos da matriz extracelular. Pelos resultados, é possível inferir que a *formação fibrosa* nas córneas embrionárias é constituída de fibras oxitalânicas, e que o processo de oxidação expõe grupamentos reativos aos corantes RF e AB-8 e, ainda, o material corável nesta formação é afetado pela hialuronidase testicular, impedindo sua coloração pelo AB-8 em pH 0,4, e pela RF com oxidação. Isso corrobora os resultados de Puchtler *et al.* (1961), que, apesar de considerarem a técnica da RF como empírica, afirmavam que ela era apropriada para corar mucosubstâncias associadas às oxitalânicas, ligando-se a grupos ácidos dos GAGs. Para Alexander *et al.* (1981), os oxidantes como o monoperssulfato de potássio são capazes de aumentar os espaços interfibrilares nas fibras oxitalânicas, alterando, assim, o seu diâmetro, e isso poderia induzir a exposição de certos grupamentos reativos que estariam bloqueados, permitindo, então, a coloração pelo corante RF. Como a hialuronidase testicular antes da oxidação pela oxona não atuou na coloração pela RF e AB e só atuou quando usada após a oxidação, inferimos que ela atua em compostos oxidados.

A analise ultraestrutural da região da formação fibrosa em embriões tratados pela colagenase mostrou a presença de microfibrilas oxitalânicas (diâmetros de 10 a 12 nm) sem material amorfo de permeio, características das microfibrilas oxitalânicas, na região subepitelial (Figura 12), onde FF apareceu corada pela RF com oxidação previa. Material fibrilar semelhante a microfibrilas colágenas jovens (ROSS, M. H.; PAWLINA,2016), e não identificado, estavam presentes. As microfibrilas oxitalânicas apareciam em cortes transversais numa faixa subepitelial ao longo da porção basal do epitélio da córnea, posterior a sua lamina basal. Segundo estudos anteriores a matriz embrionária inicial da córnea é constituída por colágeno e GAGs, principalmente o condroitin-sulfato (TRELSTAD; HAYASHI; TOOLE, 1974), que são depositados antes da formação do endotélio da córnea, na zona subepitelial (HAY, 1980). Os GAGs dessa região eram coráveis pelo vermelho de rutênio e pelo alcian blue, uma coloração que é perdida quando se fazia tratamento enzimático pela condroitinase ABC (TRELSTAD; HAYASHI; TOOLE, 1974). Segundo alguns autores (HAY; MEIER, 1974), os epitélios de córneas com até seis dias de incubação produzem ativamente condroitin-sulfatos 4 e 6 e heparan-sulfato, portanto, estes devem estar presentes na formação fibrosa. Não foi possível realizar no presente estudo marcação de GAGs para a microscopia eletrônica. Cotta-Pereira et al. (1976; 1977) mostraram que as fibras oxitalânicas eram constituídas por feixes de microfibrilas idênticas às microfibrilas da fibra elástica, sem possuir, no entanto, o característico material amorfo de permeio das elásticas, a proteína elastina. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os destes autores ao microscópio eletrônico, evidenciando as microfibrilas na região subepitelial dos embriões no estágio 20, com diâmetros de 10-12nm, como oxitalânicas. Para Cotta-Pereira et al. (1977) e Machado et al. (2009), a fibra oxitalânicas poderia ser uma fibra que estacionou no seu desenvolvimento no processo elastogenético, em muitas regiões e não adquiriu elastina, como as demais do sistema elástico, e esta fibra poderia representar o modelo mais simples de um elemento elástico, como já havia sugerido Gawlik em 1965.

Figura 12 – Fotomicrografia (em a) e Eletromicrografias (b, c) de cortes transversais; bulbo ocular de *Gallus Gallus domesticus* no estágio 20 (70h a 72h de incubação) mostrando: (a) Epitélio da córnea (asteriscos); Parte do cálice óptico (estrela vazia); Região subepitelial (quadrado preto); Vesícula do cristalino (estrela preta); (b) Epitélio da córnea (asteriscos); Região subepitelial (quadrado preto); Microfibrilas da fibra oxitalânicas em cortes transversais medindo 10 a 12nm de diâmetro (setas pretas) Aumentos: (a) 350X; (b) 47.500X; (c). INSERIDO: (c) maior aumento da área do retângulo vista em b. Cortes transversais de microfibrilas da fibra oxitalânicas medindo 10 a 12nm de diâmetro (seta branca), aumento 95.000X.



A presença da *formação fibrosa* (FF) na periferia da córnea permite sugerir uma provável relação entre a resistência da córnea às forças mecânicas do desenvolvimento e esta rede de fibras oxitalânicas. A presença de fibras oxitalânicas em locais que recebem forças mecânicas intensas foi verificado em vários estudos, como no ligamento periodôntico de ratos, camundongos, cobaias e humanos, assim como em tendões, ligamentos, e na junção dermoepidérmica, ou seja, locais sujeitos a intensas forças mecânicas durante o desenvolvimento (COTTA-PEREIRA, 1984). As córneas de aves têm um crescimento muito rápido e adquirem uma curvatura muito acentuada logo nos primeiros estágios embrionários (Figura 2). Uma FF periférica e ligada ao epitélio poderia estar agindo como um ligamento resistente e capaz de manter a estrutura da córnea em formação como um todo, quando esta estrutura estiver se desenvolvendo e apresentando alterações de curvatura. Considerando a natureza das oxitalânicas, a sugestão da FF servir como ligamento de resistência, reforça os relatos de vários estudos (COTTA-PEREIRA, 1984), sobre o papel biomecânico atribuído a tais fibras, o de resistência a forças mecânicas intensas.

Antigos bastante antigos como o de Carrington e cols. (1984), no caso em córneas de gatos, já sugeriam um papel significativo das fibras oxitalânicas no crescimento da córnea, especialmente no primeiro ano de vida dos gatos, onde também acontecem alterações expressivas na curvatura da córnea. Assim, a presença de fibras oxitalânicas na periferia das córneas poderia ser um recurso natural para a perfeita morfogênese da córnea de aves. E a associação dessas fibras com GAGs seria uma estratégia bastante conveniente, pois estes atuariam por suas propriedades de gel hidratado, que recebe e atenua forças mecânicas de compressão, aqui no caso exercidas sobre a córnea em desenvolvimento, e talvez mais tarde na córnea adulta, no mecanismo de acomodação visual. A associação de fibras oxitalânicas e GAGs, na FF, seria um arranjo resistente e ao mesmo tempo maleável, um requisito indispensável para estruturas que se modificam ativamente na fase embrionária, em especial em trajetórias curvas.

Os resultados obtidos não são conclusivos em relação ao destino da *formação fibrosa* observada no presente estudo, e pode ser que ela inclusive se incorpore à região do limbo. Estágios embrionários posteriores devem ser estudados para esclarecer melhor o destino final das fibras oxitalânicas desta FF. No entanto, é possível considerar que a FF desempenhe um papel de resistência às forças mecânicas, principalmente, até o estágio no qual se desenvolve o anel esclerótico, a única estrutura que deve auxiliar a córnea a resistir à deformação e à intensa concavidade e crescimento.

O presente estudo mostrou que, na córnea de aves, nos estágios 18, 19 e 20, está se desenvolvendo intensamente uma morfogênese adequada e que deve demandar uma estrutura de resistência e maleabilidade, como a FF, para manter a conformação tridimensional da córnea e de outras estruturas adjacentes e em expansão. A FF pode ainda ser considerada um *campo metabólico* subepitelial, como aqueles citados por Moore, Persaud e Torchia (2016). O desenvolvimento de estruturas durante o período embrionário é influenciado por movimentos e forças específicas à medida que as regiões se diferenciam. Essas forças atuam nos chamados *campos metabólicos*, e cerca de oito destes foram descobertos (MOORE; PERSAUD; TORCHIA, 2016) onde tecidos se diferenciam de epitélios e do mesênquima, como a FF e a córnea.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, foi possível evidenciar, na região subepitelial da córnea nos estágios embrionários 18, 19, e 20, a *formação fibrosa* (FF) associada ao epitélio e ao mesênquima, este último em migração para formar o futuro estroma da córnea. Essa região subepitelial pode ser considerada um *campo metabólico*. A FF é constituída por fibras oxitalânicas que se coram pela RF e pelo alcian blue em pHs 2,5 e 0,4, com oxidação prévia, sugerindo que o material corável nessas fibras deve se encontrar numa forma reduzida, necessitando da oxidação para ser corável. A coloração da FF em alcian blue (AB) em pH 2,5 e 0,4, com e sem oxidação, expressa a associação de GAGs às fibras oxitalânicas da FF. O tratamento pela hialuronidase após a oxidação torna a FF negativa ao AB, sugerindo a remoção ou modificação de GAGs sulfatados associados às fibras oxitalânicas. A FF observada em *Gallus gallus domesticus* pode ter um papel biomecânico, representando pela rede de fibras oxitalânicas associada a GAGs, para constituir uma estrutura fibrosa resistente e maleável, e capaz de suportar as forças de compreensão exercidas durante o desenvolvimento da córnea de aves, e talvez na córnea adulta.

A autora agradece ao Laboratório de Histologia e Embriologia da Uerj, e aos auxílios do CNPq, e da Comissão de Energia Nuclear (CNEN).

REFERÊNCIAS

ALLODI, S. *Estudo Histoquímico e ultra-estrutural da relação corpo ciliar-cristalino de* Gallus Gallus dom.L. *durante o desenvolvimento embrionário e no animal adulto*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1983.

ALEXANDER, E.A.; CLINTON, D.C.; HOWES,R.C.; GARNER, A. Effect to oxidation upon demonstrative of corneal oxytalan fibres: a light and electron microscopical study. *Med.Lab. Sciences*, 38 (91), 1981.

BANCROFT J.D; COOK H.C. *Manual of histological techniques and their diagnostic application*. London: Churchill Livingstone, 1994.

BAUMEL, J. J. Handbook of avian anatomy: nomina anatomica *avium. Publications of the Nuttall Ornithological Club* (USA), n. 23., 1993.

BORDON, K.C.F. *et al.*, Isolation, enzymatic characterization and action as spreading factorsof a hyaluronidase from *Crotalus durissons terrificus snake venon*. Toxicon, Oxford, v. 60, n.2, p.197, 2012.

BRYAN, P. T.; TRELSTAD, R. L. Developmental biochemistry Hyaluronate production and removal during corneal development in the chick. *Developmental Biology*, v. 26, n. 1, p. 28-35, 1971. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0012-1606(71)90104-7. Acesso em: 20 jul. 2019.

BAYÓN, A.; ALMELA, R.M.; TALAVERA, J. Avian ophthalmology. *European Journal of Companion Animal Practice*, v. 17, n. 3, p. 253-266, 2007.

CANDIOTO, C. *Histomorfometria do bulbo do olho de peneireiro-de-dorso-malhado (Falco tinnunculus–LINNAEUS, 1758)*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 57f. 2011.

CARRINGTON, S.D.; ALEXANDER, R.A.; GRIERSON, I. Elastic and related fibres in the normal cornea and limbus of the domestic cat. Journal Anatomy, 139 (2), 319, 1984.

CONRAD, G. W. Collagen and mucopolysaccharide biosynthesis in the developing chick cornea. *Develop. Biol.*, 21, p. 292, 1970.

COTTA-PEREIRA, G.; RODRIGO, F.G.; BITTENCOURT-SAMPAIO, S. Oxytalan, elaunin and elastic fibers in the human skin. *J. Invest. Dermatol.*, 66, v.143, 1976.

COTTA-PEREIRA.G.; RODRIGO, F.G.; DAVID-FERREIRA, J.F. The elastic system fibers. *Ad. Exp. Biol.*, 79, v. 19, 1977.

COTTA-PEREIRA, G. *Contribuição ao estudo das fibras do sistema elástico*. Dissertação (titular em Histologia e Embriologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1984.

CORREA, E.M. *Estudo histoquímico e ultraestrutual da matriz extracelular na córnea de embriões de* Gallus Gallus dom.L. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1986.

DARAS, V. The Role of Maternal Thyroid Hormones in Avian Embryonic Development (Review). *Front. Endocrinol.*, Feb. 2019.

DEEMING, D.C. Embryonic development and utilization of eggs components. In: DEEMING, D. C. *Avian icubation: behaviour, enviroment, and evolution*. Oxford: Oxford University Press, Cap. 4, p.43-53, 2002.

FREEMAM, W. H.; BRACEGIRDLE, B. *An Atlas of Embryology*. 3. ed. London: Heinemann, 110p., 1982.

FRANCO-BROWDER, S.; DE RYDT, J.; DORFMAN, A. The Identification of a Sulfated Mucopolysaccharide In Chick Embryos, Stages 11-23, *Biochemistry*, v. 49, p. 643, 1963.

FULLMER, H. M. Differential stainning of connective tissue fibers in areas of stress. *Science*, 127, p. 1.240, 1958.

FULLMER, H.M.; LILLIE, R.D. The oxytalan fibers: a previously undescribed connective tissue fiber. *J. Histochem, Cytochem.*, 6, v.6, p. 425, 1958.

FULLMER, H.M.; SHEETZ, J.H.; NARKATES, A.J. Oxytalan connective tissue fibers: a review. *J. Oral. Pathol.*, 3, p. 291, 1974.

GARGIULO, F. *Particularidades oftálmicas em aves*. Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, jul. 2015.

GELATT, K. *Veterinary ophthalmology*. John Wiley & Sons, cap. 33, p.1.750-1.819, 2012.

GOMORI, G.M.D. J. Amer.Clin.Path., 20, p. 665, 1950. *In:* COTTA-PEREIRA, G. *Contribuição ao estudo das fibras do sistema elástico*. Rio de Janeiro, 65p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro,1984.

GUIDA, F. J. V. *Descrição dos Diferentes Estágios do Desenvolvimento Embrionário De Aves Das Ordens Anseriformes, Galliformes e Psittaciformes e sua aplicação no embriodiagnóstico de espécies selvagens*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de São Carlos Campus São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Conservação da Fauna, 2018.

GRIFFIN; HARIS, R. Unmyelinated nerve endings in the periodontal membrane of human teeth. *Archives of Oral Biology*, v. 13, (10), p. 1.207-1.212, 1968.

HALL, Margaret I. The anatomical relationships between the avian eye, orbit and sclerotic ring: implications for inferring activity patterns in extinct birds. *Journal of anatomy*, v. 212, n. 6, p. 781-794, 2008.

HASCALL; KIMURA, J. Proteoglycan isolation and characterization. *Methods in Enzimology*, 82(A), p. 769-800, 1982.

HAMBURGER, V.; HAMILTON, H.L. A series of normal stages in the development of the chick embryo. DEVELOPMENTAL DYNAMICS 195231-272 (Reprinted from the *Journal of Morphology*, v. 88, p. 49-92, Jan. 1951, Department of Zoology, Washington University, St. Louis, Nissouri, 1992.

HAY, E.D. Development of the vertebrate cornea. *Int Rev Cytol*. 63, p.263-322, 1980.

LEV R.; SPICER S.S. Specific Staining of Sulphate Groups with Alcian Blue at Low pH. *J Histochem Cytochem.*, 12, p.309, 1964.

LOPES, V.A.A.; LOURENÇO, M.R.; SOUZA, L.G.N.; JÚNIOR, J.F.; SIMÕES, M.J.; SOUZA, L.C.; SOUZA, E. Alterações histoquímicas das glicosaminoglicanas na cérvice uterina no final da prenhez da rata albina após ministração local de hialuronidase. *Rev Bras Ginecol Obstet.*; 30(7), p. 328-334, 2008.

MACBREDI JR., D.J.; TRELSTAD, R.L.; SILVER, F.H. Structural and mechanical assessment of development chick tendon. *Int. J. Biol. Macromol.*, 10, p. 194-200, 1988.

MACHADO, R. C.; BARRETO M.; TINOCO, W. A. S.; COTTA-PEREIRA, G. Study of elastic system fibers in human gingiva. *RGO*, v. 57, n.2, p. 205-210, Porto Alegre, 2009.

MATHEWS, M.B. Chondroitin sulphate and collagen in inherited skeletal defects of chickens, *Nature*, 1967.

MCKEOWN, P.J.; GOETINCK, P.F. A comparison of the proteoglycans synthesized in Meckel's and sternal cartilage from normal and nanomelic chick embryos, *Developmental Biology*, 71(2), p.203-215, 1979.

MELO, N.F.R.; FILHO, J.F.S. Extração e caracterização de glicosidases envolvidas na degradação de glicosaminoglicanos sulfatados no *Crustacea Chaceon Fenneri. Infarma – Ciências Farmacêuticas*, v.14, n.7/8, 2002.

MONTES, G.S.; JUNQUEIRA, L.C.U. Biology of Collagen. *Rev. Can. Biol. Exp.*, *41*, p.143-156, 1982.

MOORE K.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, G.M. *Embriologia Básica*. 9. ed. Rio de Janeiro: GEN – Guanabara Koogan, 2016.

MONTIANI-FERREIRA, F.; CARDOSO, F.; PETERSEN-JONES, S. Postnatal development of central corneal thickness in chicks of Gallus gallus domesticus. *Vet. Ophthalmol.* 7(1):37-39, 2004.

PEARSE, A.G.E. *Histochemical Theoretical and Applied*. 4. ed., v. 1, p. 270, Churchill Livingston, N. York, 1980.

PUCHTLER, H.; SWEAT, F. Histochemical Specifity Of Staining Methods For Connective Tissue Fibers: *Resorcin-Fuchsin And Van Gieson's Picro-Fuchsin.Z Zellforch Microsk Anat Histochem.*, 79, p. 24-34, 1964.

FEHER, J.; JENNINGS, E.H.; RANNIE, I. Histological study of fibrogenesis in experimental inflammation with special reference to elastic tissue formation, Br. *J.exp.Path.*, 52, p. 621, 1971.

ROCHON–DUVIGNEAUD, A. *Les yeux et le vision des Vertébrés*. Paris: Masson et Cie, 1943. 719p.

RODARTE-ALMEIDA, A.C.V.; MACHADO, M.; BALDOTTO, S.B.; SANTOS, L.L.; LIMA, L.; LANGE, R. R.; FROES, T.R.; MONTIANI-FERREIRA, F. O olho da coruja-orelhuda: observações morfológicas, biométricas e valores de referência para testes de diagnóstico oftálmico. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 33, n. 10, p. 1275-1289, 2013.

ROSS, M. H.; PAWLINA, W. *Histologia – texto e atlas*: correlações com biologia celular e molecular. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SAMPSON, W.A. A comparative light microscopic evaluation of oxytalan fiber staining with a variety of die substances. *Stain technol.,* 54, p.181, 1979.

SPALLICCI, M.D.B; CHIEA, M.A; ALBUQUERQUE, P.B.; SINGER, J.M.; BITTAR, R.E.; ZUGAIB, M. Ação da hialuronidase na maturação do colo uterino em gestações a termo. *Rev Ginecol Obstet.*; 11(2), p.93-100, 2000.

STEEDMAN H.F, Alcian blue 8G: a new stain for mucin. *Journal of Microscopic Science*, 91, 477-479, 1950.

SORIANO, E.S. *Efeito da desespitelização na síntese de glicosaminoglicanas em córneas humanas mantidas em cultura* (Effect of ephitelial debridement on glycosaminoglycan synthesis by human corneal explant), Universidade federal de São Paulo, 176, 2000.

STURKIE, P. D. *Avian physiology*. 3rd ed. Springer-Verlag. New York. 1976.

THOMMES R.C. Ontogenesis of thyroid function and regulation in the developing chick embryo. *J Exp Zool Suppl.* 1, p. 273–279. 1987.

TRELSTAD, R.L.; COULUMBRE, A.J. Morphogenesis of the collagenous stroma in the chick cornea. *J. Cell Biol.*, 50, p.840, 1971.

TRELSTAD, R.L.; HAYASHI, K.; TOOLE, B.P. Epithelial collagen and glycosaminoglycans in the embryonic cornea. *J. Cell Biol.*, 62, p. 815, 1974.

TOOLE, B.P.; TRELSTAD, R.L. Hyaluronate production and removal during corneal development in the chick. *Dev Biol*, 26(1), p.28-35, 1971.

UNNA P.G. Notiz, Betreffend Die T Aenzersc He Orce In · Farbung Des Elas Tischen Gewebes. M Onatsschr Pta Kt Detmatol 12, p.394- 396. 1890. *In:* COTTA-PEREIRA, G.; RODRIGO, F.G. & BITTENCOURT SAMPAIO, S. - oxytalan, elaunin and elastic fibers in the human skin. *J. Invest. Dermatol*, 66, p.143-148, 1976.

VERHOEFF, F.H. Some new staining methods of wide applicability. Including a rapid differential stain for elastic t issue. JAMA, 50, p. 876-877, 1908. *In:* COTTA-PEREIRA, G.; RODRIGO, F.G. & BITTENCOURT SAMPAIO, S. - oxytalan, elaunin and elastic fibers in the human skin. *J. Invest. Dermatol*, 66, p.143-148, 1976.

WEIGERT,C. Ueber eine Methode zur Farbung elastischer Fasern. Zentrab Allg Pathol. 9, p.289- 292, 1898. *In:* COTTA-PEREIRA, G.; RODRIGO, F.G. & BITTENCOURT SAMPAIO, S. - oxytalan, elaunin and elastic fibers in the human skin. *J. Invest. Dermatol*, 66, p.143-148, 1976.

WILLIAMS, David L. *Ophthalmology of exotic pets*. John Wiley & Sons, 2012. p. 119-158.

DADOS DA AUTORA

Elenice Maria Correa (correa-gillieron@ufrj.br). Doutora em Ciências Biológicas. Professora associada na UFRJ, mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Biociências do Instituto de Biofísica da Uerj e especialista em Biociências Nucleares (Uerj/CNEN).

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICRORGANISMOS EM CISTERNAS DA UNIRIO

André Ricardo Quadros Junior

João Paulo Ferreira

Camila Maistro Patreze

Caio Lessa

Felipe Pessoa

Lucas Mota

RESUMO: O monitoramento da qualidade biológica da água para consumo humano é, muitas vezes, restrito à busca por bactérias coliformes, enquanto estudos demonstram que é frequente a presença de fungos ou outros microrganismos, tais como protozoários e microalgas em amostras de água potável. Sendo assim, o presente trabalho objetivou analisar a microbiota fúngica e planctônica da água de reservatórios dos prédios da UNIRIO. Foram avaliadas amostras de água e biofilme coletadas de caixas d'águas e cisternas dos prédios do Instituto Biomédico, do Instituto de Biociências e do Hospital Universitário Gaffrée e Guinle. Além de observação *in vivo* dos microrganismos planctônicos presentes nas amostras, foram feitas culturas de fungos também presentes. A análise da presença desses organismos possibilitou um levantamento da distribuição destes pelos locais de coleta, e concluiu-se que é mais frequente a incidência de microalgas, com destaque à diatomácea do gênero Cyclotella, presente em 25% das amostras.

Palavras-chave: Microalgas. Fungos filamentosos. Consumo humano. Reservatórios de água.

ABSTRACT: Monitoring the biological quality of potable water is often restricted to the search for coliform bacteria, while studies show that fungi and other microorganisms, such as protozoa and microalgae, are frequently present in drinking water samples. Thus, the aim of this work was to analyze the fungal and planktonic microbiota of reservoir water from UNIRIO buildings. Water and biofilm samples collected from water tanks and cisterns from the buildings of the Biomedical Institute, the Institute of Biosciences and the Gaffrée and Guinle University Hospital were evaluated. In addition to in vivo observation of planktonic microorganisms, fungal colonies in the samples were also isolated. A survey of the distribution of the microorganisms by the collection sites was elaborated through the analyzes, and it was concluded that the incidence of microalgae is more frequent, with emphasis on the Cyclotella genus diatoms, present in 25% of the samples.

Keywords: Microalgae. Filamentous fungi. Human consumption. Water reservoirs.

INTRODUÇÃO

As instalações hidráulicas dos prédios da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) atendem, diariamente, a milhares de pessoas, dentre elas docentes, discentes, funcionários, pacientes e pesquisadores. Portanto, é fundamental que haja um monitoramento da qualidade da água nessas dependências, a fim de garantir, principalmente, a segurança da saúde desse público. Práticas como a limpeza rotineira de reservatórios de água e a manutenção periódica de tubulações e peças de utilização são exemplos de medidas que visam garantir a qualidade da água ofertada. Como um complemento a essas medidas, a análise microbiológica também é imprescindível nesse monitoramento. A empresa CNS Nacional de Serviços é a responsável pela limpeza dos reservatórios a cada mês, conforme previsto em contrato, e, além disso, a cada dois meses a empresa Qualy Laboratório de Análises Ambientais é responsável pela análise de coliformes totais e dosagem de cloro livre das águas.

Considerando que a água é um recurso natural indispensável à vida, que compõe a maior parte da massa corporal dos seres vivos e da qual todos dependem para sustentar suas funções biológicas (GOMES, 2011; DANTAS, 2010), a limpeza de reservatórios é uma prática imprescindível para a manutenção da qualidade desse recurso. Essa limpeza deve ser realizada com periodicidade, já que constantemente são trazidas pela água partículas sólidas (como terra e areia) e microrganismos, ou, no caso de a água chegar em boas condições, o mau armazenamento pode contaminá-la e torná-la fonte de transmissão de doenças (AMARAL, 2011). Isso evidencia que, mesmo sendo tratada, se torna muito difícil a completa ausência de contaminantes em caixas d'água e cisternas. A água contendo microrganismos indesejáveis é prejudicial à saúde, e muitas vezes o problema é apenas identificado quando alguém que a consumiu já foi afetado por um patógeno, já que o consumo é um veículo de contaminação. Segundo Vasconcelos e Silva (2012), para ser considerada potável, a água deve atender a parâmetros físico-químicos, como o pH e a dosagem de cloretos, e a parâmetros microbiológicos, como a contagem de microrganismos mesófilos e a quantidade de coliformes totais.

Ottoni *et al.* (2014) afirmam que fungos filamentosos e leveduras presentes no ambiente ou integrantes da microbiota humana normal podem, em determinadas situações, passar de sapróbios a patógenos, podendo ocasionar diferentes complicações. Ainda segundo Ottoni *et al.* (2014), a atenção sobre os fungos como contaminantes de água potável tem crescido nas últimas décadas, pois infecções fúngicas têm se tornado cada vez mais comuns. Espécies potencialmente patogênicas, alergênicas e toxicogênicas podem ser isoladas de águas e, às vezes, em concentrações elevadas, como mostraram Yamaguchi *et al.* (2007). Outro problema que a água contaminada por fungos pode apresentar é a presença de micotoxinas, que podem produzir fortes efeitos hepatotóxicos e neurotóxicos, entre outras complicações (LEAL *et al.*, 2010). Paterson *et al.* (1997) detectaram aflatoxina, que produz graves danos ao fígado, produzida por *Aspergillus flavus* em amostras de água coletadas de uma cisterna. Além disso, muitas vezes, espécies emergentes se tornam resistentes a drogas antifúngicas utilizadas no tratamento de rotina, o que representa um grande desafio na prevenção e tratamento de doenças fúngicas (OTTONI *et al.*, 2014).

Alguns fungos podem tornar-se mais protegidos e resistentes a tratamento da água quando crescem aderidos a um substrato, de modo a formar um biofilme, que pode ser definido como comunidades de microrganismos aderidas a uma superfície e embebidas por uma matriz de substâncias poliméricas, que são produzidas pelos próprios microrganismos, formando uma estrutura porosa e altamente hidratada (CAPELLETI, 2006).

Neste estudo, amostras de água e biofilme de reservatórios que abastecem a comunidade acadêmica da UNIRIO foram avaliadas quanto à presença de microrganismos planctônicos e fungos, por meio de observações microscópicas *in vivo* e análise do crescimento de fungos em meio de cultivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta das amostras

Cinco amostras de água foram coletadas de caixas d'água e cisternas das dependências do Hospital Universitário Gaffrée e Guinle (HUGG), cinco do Instituto Biomédico (IB) e duas do Instituto de Biociências (IBIO) da UNIRIO, totalizando 12 amostras (Tabela 1). Foram utilizadas garrafas plásticas de 400ml para as coletas (Figura 1), que foram realizadas no fundo ou laterais dos reservatórios, garantindo a coleta de biofilme dessas superfícies. Quando a profundidade era maior, as garrafas foram amarradas em fios de *nylon* e arames.

Tabela 1 – Amostras de água de reservatórios de três prédios da UNIRIO coletadas em diferentes sistemas de abastecimento

Local	Amostra	Sistema	Material	Abastecimento
HUGG	1	Caixas d'água	PVC	Prédio Direção
	2		PVC	Prédio Refeitório
	3		Concreto	Prédio Fisioterapia
	5		Concreto	Todos os prédios
	4	Cisterna	Concreto	Todos os prédios
IBIO	6	Cisterna	Concreto	IBIO
	7	Caixa d'água	Concreto	IBIO
IB	8	Cisterna	Concreto	Blocos C e D
	9	Caixas d'água	Concreto	Bloco C
	10		Concreto	Bloco D
	11	Cisterna	Concreto	Bloco A
	12	Caixas d'água	Concreto	Bloco A

Figura 1 – Garrafas plásticas com as amostras de água de caixas d'água e cisternas coletadas na UNIRIO

Apesar de sua grande extensão, a distribuição hidráulica do HUGG parte somente de quatro sistemas de caixas d'água, cada um com um número de caixas entre 2 e 6, de acordo com a demanda dos prédios alimentados. Há uma única – porém imensa – cisterna que alimenta todos os sistemas por meio de bombas de recalques, ativadas quando necessário.

A amostra 1 foi coletada do prédio administrativo da direção do hospital, que conta com quatro caixas d'água de PVC de 1000l conectadas por sistema de vasos comunicantes. Os reservatórios ficam em ambiente fechado, protegido da luz solar e chuva, e de fácil acesso. A amostra 2 foi coletada do sistema do prédio do refeitório dos funcionários, que é composto por seis caixas de 1000l. Nesse prédio, o acesso é fácil e as condições de proteção das caixas são as mesmas das anteriores. A amostra 3 corresponde ao sistema do prédio do setor de Fisioterapia, que é constituído por 2 caixas d'água de concreto de cerca de 500l cada, também conectadas por sistema de vasos comunicantes. O acesso a estas, no entanto, é bem dificultado: uma escotilha a uma altura de cerca de 3 metros do chão dá acesso ao local e, após isso, é necessário passar por um acesso de cerca de meio metro de altura. A amostra 4 foi coletada da cisterna do HUGG, desta vez com o auxílio de um longo tubo de PVC, ao qual foi amarrado, com um arame, a garrafa de coleta. Isso foi necessário, pois a altura entre o acesso e a lâmina da água era de cerca de 3 metros. A amostra 5 foi coletada da torre de abastecimento geral, que se trata de um grande reservatório que alimenta diretamente a maior parte do hospital, bem como aos outros reservatórios. O acesso a ele é por meio de uma escadaria em espiral ao longo do interior da torre, seguido de uma escada vertical exposta.

No IBIO, a amostra 6 foi coletada da cisterna do prédio que fica localizada abaixo da rampa e seu acesso se dá por uma portinhola no piso térreo, que fica trancada por cadeado. A amostra 7 foi coletada da caixa d'água do prédio, cujo acesso se dá por uma escotilha do quinto andar, onde é necessário usar uma escada para alcançá-la.

No IB, a amostra 8 foi coletada da primeira cisterna, que alimenta as caixas d'água dos blocos C e D e fica localizada em uma sala no bloco C, cuja chave fica sob guarda dos funcionários da manutenção/limpeza. A amostra 9 foi coletada da caixa d'água do bloco C, cujo acesso não é dificultado; é necessário apenas utilizar uma escada vertical para chegar ao telhado. A amostra 10 corresponde à caixa d'água que alimenta o bloco D, cujo acesso é bem facilitado por uma escada tipo marinheiro no último vão de escada, no 7º andar do prédio. Nessa caixa, foi necessário o uso de um arame, pois a lâmina de água estava distante da abertura da caixa. A amostra 11 corresponde à cisterna que alimenta o bloco D, que fica localizada logo na entrada do IB, ao lado da guarita de segurança. A amostra 12 foi coletada da caixa d'água do bloco A, cujo acesso se dá por uma escada no último andar do prédio, e fica ao lado da maquinaria do elevador.

O material do reservatório e sua localização (reservatório superior – caixa d'água, ou reservatório inferior – cisterna) também se encontram na Tabela 1.

Após as coletas, as garrafas foram estocadas em um armário fechado, protegido da luz e do calor, à temperatura ambiente, até a realização das análises.

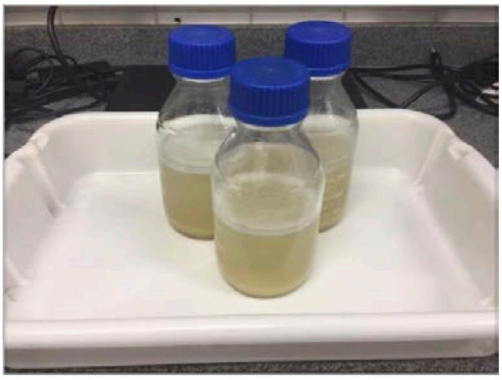
Isolamento de fungos

Para o isolamento de colônias de fungos presentes nas amostras de água, foi utilizado o meio de cultura semissintético Batata Dextrose Ágar

(BDA). O meio de cultura BDA é um meio de uso geral para leveduras e bolores composto de infusão de batatas e dextrose como agentes estimulantes do crescimento (nutrientes) e de ágar como agente gelificante (OKURAM; RENDE, 2008).

O preparo foi modificado de Okuram e Rende (2008): as batatas (140g) foram descascadas, cortadas e cozidas em forno de micro-ondas em um béquer contendo 500ml de água destilada. Paralelamente, 20g de ágar foram dissolvidos em 300ml de água em um recipiente, e 10g de dextrose, em 200ml em outro recipiente. Após isso, as três soluções foram misturadas em um mesmo recipiente, totalizando 1l de meio de cultura. Depois de homogeneizado, o preparado foi então separado em três frascos do tipo pirex contendo igualmente a mesma quantidade do meio BDA, conforme a Figura 2, para ser autoclavado.

Figura 2 – Frascos de vidro do tipo pirex contendo o meio BDA ainda líquido

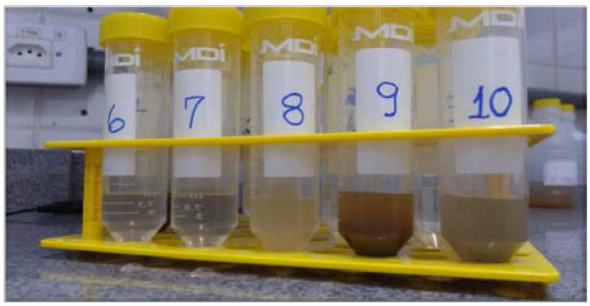


Junto ao meio de cultura preparado, foram autoclavados, por 30 minutos, à temperatura de 121ºC e 1 atm, as placas de petri e alças de inoculação necessários para o experimento. Após a autoclavagem, 20ml de meio BDA foi vertido em cada placa, dentro da câmara de fluxo laminar.

Para a inoculação dos fungos das amostras de água nas placas, foi feito o procedimento de centrifugação de 200ml de cada amostra. Após homogeneizar o conteúdo das garrafas, 50ml de cada amostra foram transferidos para tubos falcon, os quais foram centrifugados durante 3 minutos a 3000 RPM em uma centrífuga Solab© modelo SL-700. Após o ciclo, foi despejada toda a fração "límpida" do tubo – deixando-se somente o sedimento – e completou-se novamente com mais 50ml. O mesmo foi repetido mais duas vezes e, na última, descartaram-se 40ml do tubo. O resultado foi um tubo falcon contendo 10ml de amostras concentradas, conforme a Figura 3.

Para a inoculação dos fungos presentes nas amostras de água concentradas, foram utilizados 100 µL, os quais foram espalhados na superfície da placa de Petri contendo o meio BDA com auxílio de uma alça de inoculação, em câmara de fluxo laminar. O procedimento foi feito em duplicata: duas placas por amostra foram preparadas e mantidas a 37 com fotoperíodo de 12/12h. Duas placas contendo apenas o meio BDA foram mantidas nas mesmas condições para serem usadas como controle. O monitoramento do crescimento dos fungos foi feito com 4 e 15 dias após a inoculação, por meio da contagem de colônias, medidas de diâmetro destas e observação da coloração das placas.

Figura 3 – Amostras de água de caixas d'água e cisternas da UNIRIO concentradas após centrifugação nas quais se notam as diferenças na coloração nos 10ml após a última centrifugação



Observação de microrganismos planctônicos *in vivo*

Para a observação dos microrganismos planctônicos presentas nas amostras, foram preparadas uma lâmina por amostra (total de 12 lâminas), cada uma contendo uma gota da amostra concentrada (10ml), que foram analisadas no microscópio (Leica© modelo DM750), no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos (LBMPF). Imagens dos microrganismos foram capturadas usando o *software* do microscópio. A identificação deles foi feita com base em consultas bibliográficas (MARRA, 2015; MIRANDA, 2015).

RESULTADOS

Fungos isolados

Aos quatro dias de crescimento, foi feita a primeira avaliação das colônias de fungos das placas. Em quarenta e seis por cento das placas de cultivo (11 de 24), não foi observado surgimento de colônias nos primeiros quatro dias. No restante das placas (13 de 24), foram contadas as colônias (Tabela 2) e foi calculada a média do número

de colônias entre as duplicatas de cada amostra, tendo esse valor variado com grande amplitude, de 1 até cerca de 40 (Figura 4). A Tabela 2 mostra também características das colônias que podem facilitar a identificação dos organismos.

Aos quinze dias de crescimento, observou-se um aumento no número de colônias, mudança da cor do meio de cultivo, textura e crescimento em diâmetro das colônias que apareceram aos 4 dias de cultivo (Figuras 5 e 6).

Tabela 2 – Número de colônias por placa de cultivo (A ou B) referente às amostras coletadas (1 a 12) e características observadas em cada uma

Placa de cultivo		Nº de colônias	Características das colônias
1	A	2	2 brancas
	B	7	3 verdes com borda branca; 4 brancas
2	A	6	3 verdes e brancas com reverso amarelo; 3 brancas
	B	0	-
3	A	3	2 verdes e brancas; 1 laranja brilhosa
	B	0	-
4	A	67 a 78	20 verde-escuras com reverso amarelo; 21 a 25 laranjas brilhosas; 26 a 33 brancas
	B	9	7 brancas; 2 laranjas
5	A	0	-
	B	0	-
6	A	25 a 27	11 a 12 cinzas e brancas; 14 a 15 brancas
	B	19	9 verdes; 10 brancas;
7	A	3	3 brancas
	B	0	-
8	A	3	2 brancas com reverso amarelo; 1 preta com borda branca
	B	0	-
9	A	0	-
	B	0	-
10	A	4	4 brancas lisas
	B	2	2 verdes e brancas com borda branca
11	A	0	-
	B	2	2 brancas
12	A	0	-
	B	0	-

Figura 4 – Número médio de colônias de fungos referente às duas placas (A e B) cada amostra

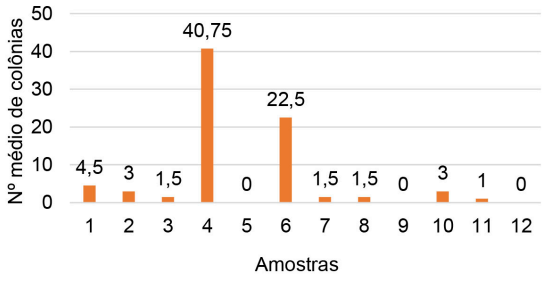


Figura 5 – Colônias de fungos isolados de reservatórios de água da UNIRIO em meio BDA A: Placas das amostras 8A e 8B aos 4 dias; B: Placas das amostras 8A e 8B aos 15 dias

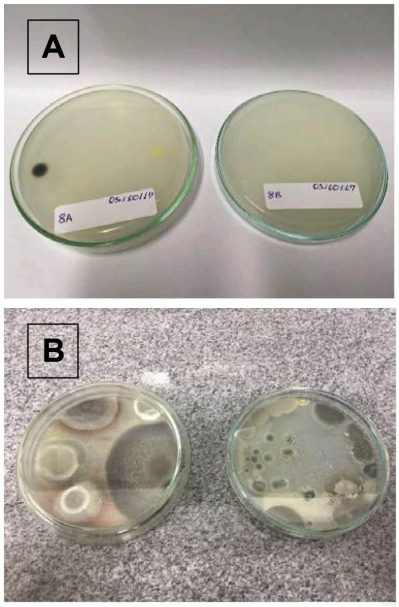
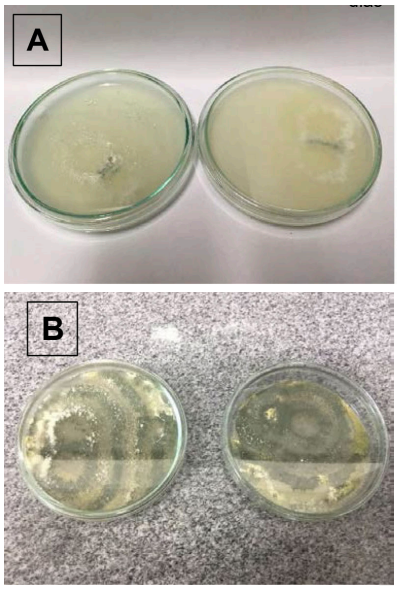


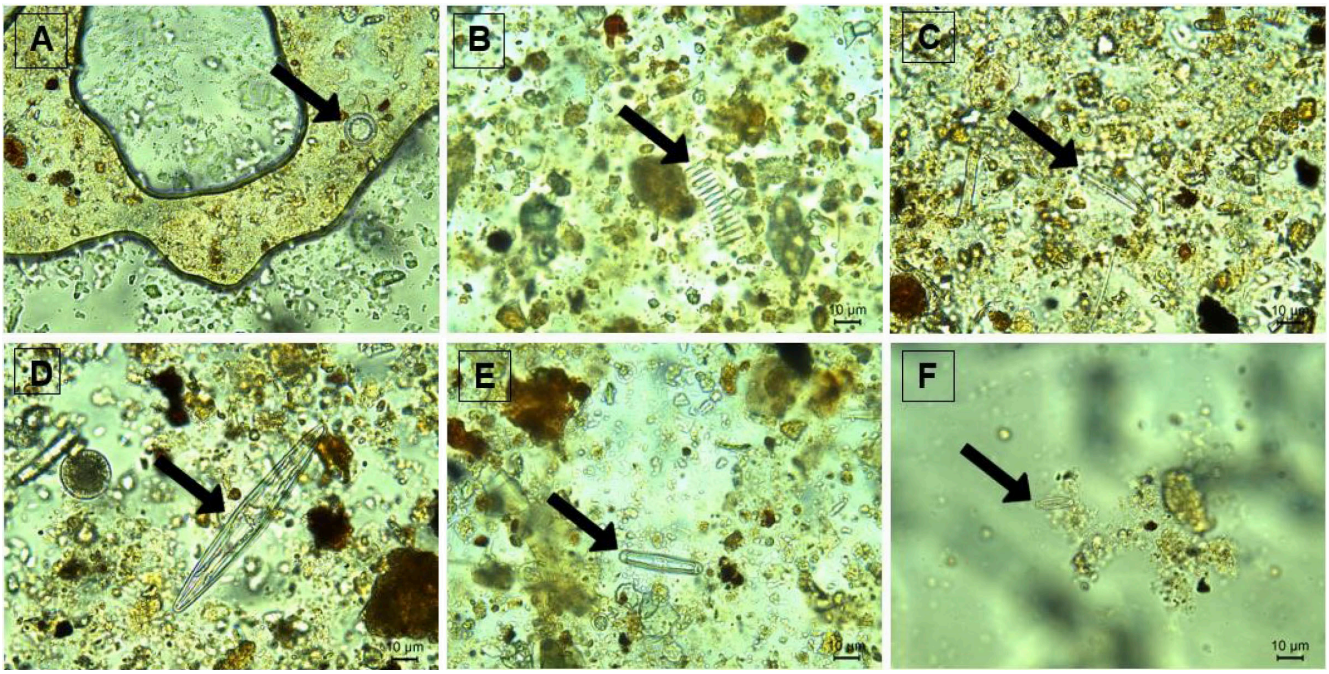
Figura 6 – Colônias de fungos isolados de reservatórios de água da UNIRIO em meio BDA A: Placas das amostras 10A e 10B aos 4 dias; B: Placas das amostras 10A e 10B aos 15 dias



Observação de microrganismos planctônicos *in vivo*

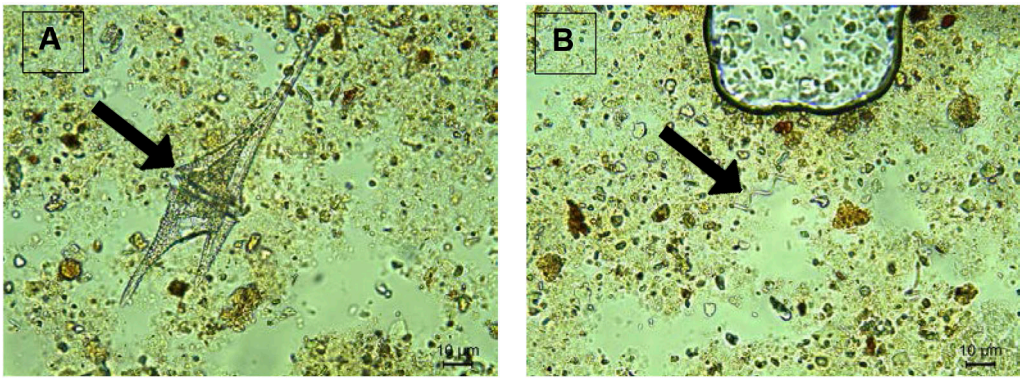
Foram observadas algas diatomáceas de formas bem variadas em cinco das doze lâminas preparadas. O gênero *Cyclotella* (Figura 7A) foi o encontrado com maior frequência, estando presente nas amostras 1, 2, 3 e 9. A amostra 2 foi onde houve maior diversidade de diatomáceas: foram encontrados os gêneros *Eunotia pectinalis* (Figura 7B), *Encyonema* (Figura 7C); *Pleurosigma* (Figura 7D) e *Navicula* (Figura 7E). O gênero *Navicula* também foi encontrado na amostra 3 (Figura 7F). Nas amostras 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 e 12 não foram observados organismos planctônicos.

Figura 7 – Diversidade de algas diatomáceas (setas) presentes nas lâminas
A: *Cyclotella sp.*; B: *Eunotia pectinalis*; C: *Encyonema*; D: *Pleurosigma*; E: *Navicula*



Na amostra 1, coletada nas caixas d'*água do* prédio administrativo da direção do hospital, foi identificado um dinoflagelado da espécie *Ceratium furca* (Figura 8A). Cianobactérias do gênero *Spirulina* foram encontradas também na amostra 1, mas em pequena quantidade (Figura 8B).

Figura 8 – Microrganismos encontrados na amostra 1
A: dinoflagelado *Ceratium furca*; B: cianobactéria do gênero *Spirulina*



DISCUSSÃO

Em 54% das placas de cultivo (13/24), houve o crescimento de colônias de fungos aos 4 dias, que foram quantificadas e registradas para posterior identificação. Aos 15 dias, houve maior número de colônias e o diâmetro das colônias pré-existentes se apresentaram maiores. No entanto, pelo fato de as placas-controle (sem inoculação de amostras de águas) terem apresentado colônias aos 15 dias, não foi possível avaliar o número de colônias aos 15 dias, já que não se pode diferenciar se o aparecimento das colônias se refere a fungos das amostras de água que têm características de crescimento mais lento, já que a população fúngica em um meio de cultivo pode ter diferentes taxas de crescimento (ANDRADE *et al.*, 2010) ou se eram fungos contaminantes do ar.

Algumas colônias observadas no presente trabalho têm características de coloração e textura dos fungos filamentosos pertencentes aos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, cuja identificação será confirmada após a observação microscópica de suas hifas e conídios. Esses fungos são conhecidos por produzirem micotoxinas em substratos, como alimentos e bebidas (LEAL *et al.*, 2010). Algumas espécies de *Aspergillus* produzem toxinas fortemente hepatotóxicas (PATERSON *et al.*, 1997), como as aflatoxinas, e algumas espécies de *Penicillium* produzem toxinas fortemente nefrotóxicas, como a ocratoxina A (IAMANAKA *et al.*, 2010). Embora nem todas as espécies pertencentes a esses gêneros produzam micotoxinas, e ainda que nem todos os indivíduos de uma espécie toxicogênica produzam toxinas, (IAMANAKA *et al.*, 2010), a presença desses organismos em águas de reservatório apresenta risco aos seus consumidores.

Na observação das lâminas, pôde-se observar a diversidade de algas diatomáceas presentes nas amostras, que, segundo Durigon (2013), são eficientes organismos bioindicadores. O gênero *Cyclotella* (Figura 7A) foi predominante, estando presente em 4 das 12 amostras, o que pode indicar que a água desses reservatórios pode estar em boas condições, uma vez que, segundo Branco (1986) e Di Bernardo (1995), esse gênero pode ser um bom indicador da qualidade da água por se proliferar em meios limpos.

O dinoflagelado encontrado na amostra 1 pertence ao gênero *Ceratium,* que é um gênero de dinoflagelados marinhos, encontrado usualmente em águas polares, temperadas, tropicais e quentes (TAYLOR, 1987), sendo assim, é rara sua presença em água doce. Vargas-Montero e Freer (2003) afirmam que, embora não se tenha ainda avaliado precisamente a toxicidade do gênero *Ceratium*, a espécie *C. furca* encontrada foi identificada como causadora de mortalidade de organismos, já que, além de essa espécie causar hipóxia ou hiperóxia no ambiente, foram detectadas toxinas paralíticas em cadáveres de sardinhas e larvas de camarões (VARGAS-MONTERO; FREER, 2003).

Oliveira *et al.* (2013) afirmam que cianobactérias do gênero *Spirulina* têm diversas aplicações terapêuticas, nutricionais e biotecnológicas, logo, não são patogênicas aos humanos. No entanto, segundo Bortoli (2015), dentro do filo das cianobactérias, há outros organismos que podem ser letais devido a suas toxinas produzidas em florações, como as microcistinas (hepatotóxicas), as saxitoxinas (neurotóxicas) e as cilindrospermopsinas (citotóxicas). Sendo assim, estando a água da amostra 1 propícia para a proliferação de cianobactérias, mesmo que não patogênicas, é necessário atenção quanto ao cuidado dos reservatórios, já que ele está passível de contaminação por outras cianobactérias que poderão ser patogênicas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho revelou a ocorrência de fungos e algas, alguns deles potencialmente patogênicos, como *Aspergillus sp.* e *Ceratium sp.* nas águas de reservatórios da UNIRIO. Os locais mais abundantes em microalgas foram as caixas d'água do prédio da direção, prédio do refeitório de funcionários e prédio da Fisioterapia do HUGG, correspondente às amostras 1 a 3. A maior quantidade de colônias de fungos foi encontrada nas amostras de água das cisternas do HUGG (amostra 4) e IBIO (amostra 6), enquanto as amostras 5 e 12 não apresentaram crescimento de fungos aos 4 dias. Como a microbiota biológica responde a fatores ambientais, uma amostragem não fornece dados consistentes para avaliar a qualidade dos reservatórios de água propostos, mas indica que maior atenção deve ser dada às águas desses locais.

REFERÊNCIAS

AMARAL, M. *Análise microbiológica de caixas d'água de colégios estaduais de foz do Iguaçu – Paraná*. 2011. 47p. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Detecção e Identificação dos Fungos de Importância Médica*. Módulo VII, 2004.

ANDRADE, M. C. N.; CHAVARI, J. L.; MINHONI, M. T. A.; ZIED, D. C. Crescimento micelial *in vitro* de cinco linhagens de *Agraricus bisporus* submetidas a diferentes condições de temperatura. *Acta Scientiarum*. Agronomy. Maringá, v. 32, n. 1, p. 69-72, 2010.

BERTOLIN, T. B. P. *et al*. Cultivo de cianobactérias *Spirulina platensis* a partir de efluente sintético de suíno. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 118-125, jan./fev. 2005.

BORTOLI, S.; PINTO, E. Cianotoxinas: características gerais, histórico, legislação e métodos de análise. *Ecologia de reservatórios e interfaces*. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015.

BRANCO, S. M. *Hidrologia aplicada à engenharia sanitária*. 2. ed. São Paulo: ETESB, 1986. 620 p.

CAPELLETTI, R. V. *Avaliação da atividade de biocidas em biofilmes formados a partir de fluido de corte utilizado na usinagem e metais*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

DANTAS, A. K. D. *et al*. Qualidade microbiológica da água de bebedouros destinada ao consumo humano. *Revista Biociências, Unitau*. v. 16, n. 2, 2010.

DI BERNARDO, L. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento*. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 140 p.

DURIGON, M. *Qualidade da água e comunidades de diatomáceas epilíticas na bacia hidrográfica do rio Vacacaí, Santa Maria, Rio Grande do Sul*. 2013. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

FAIA, A. M. *Isolamento e identificação de fungos filamentosos e leveduras em alguns pontos de uma rede de distribuição de água*. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Biotecnologia) – Departamento de Biologia Vegetal, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2011.

GOMES, M. A. F. Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. Disponível em: http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf. Acesso em: 5 nov. 2017.

IAMANAKA, B. T.; OLIVEIRA, I. S.; TANIWAKI, M. H. Micotoxinas em alimentos. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, Recife, v. 7, p.138-161, 2010.

LEAL, A. F. G. *et al*. Ocorrência de fungos filamentosos de importância médica em água de bebedouros. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* (Impr.), São Paulo, v. 69, n. 4, 2010.

MACHADO, A. P. *Uso de técnicas de detecção rápida de fungos filamentosos na água*. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente) – Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Braga, 2006.

MARRA, R. C. *Taxonomia e diversidade de diatomáceas epifíticas nos reservatórios Iraí e Piraquara II, Região Metropolitana de Curitiba – PR*. 2015. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MIRANDA, F. E. *Diatomáceas (Bacillariophyta) na plataforma continental de Itajaí, Santa Catarina, Brasil*. 2015. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MÜLLER, J. *Qualidade microbiológica da água descartada por destiladores e seu potencial para reúso*. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

OKURAM M. H.; RENDE, J. C. *Microbiologia* – roteiros de aulas práticas. Volume único. 1. ed. São Paulo: TECMEDD, 2008.

OLIVEIRA, C. A. *et al*. Potencial nutricional, funcional e terapêutico da cianobactéria *Spirulina*. *RASBRAN – Revista da Associação Brasileira de Nutrição*. São Paulo, SP, Ano 5, n. 1, p. 52-59, jan.-jun. 2013.

OTTONI, L. C. C. *et al*. *Estudo microbiológico da água para consumo humano em instituição de ensino superior na cidade de Maringá-PR*. Programa de Iniciação Científica do Cesumar, Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2010.

OTTONI, L. C. C. *et al*. Ocorrência de fungos em água para consumo humano. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 10, n. 18, p. 3.426, 2014.

PATERSON, R.R.M.; KELLY, J.; GALLAGHER M. Natural occurrence of aflatoxins and *Aspergillus flavus* (Link) in water. *Lett. Appl. Microbiol.*, 25: 435-6, 1997.

PEZENTE, Á. W. *Avaliação microbiológica, física e química da água dos bebedouros e torneiras consumida na E.E.B Timbé do Sul, localizada no centro do município de Timbé do Sul – SC*. 2009. TCC (Graduação em Farmácia) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

SESSEGOLO, T. *et al*. Microbiota fúngica em amostras de água potável e esgoto doméstico. *Semina*: Ciências Agrárias [online] 2011, 32 (Enero-Marzo). Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744100031. Acesso em: 17 set. 2017.

SILVA, R. R. da; COELHO, G. D. *Fungos – Principais Grupos e Aplicações Biotecnológicas*. Curso de Capacitação de monitores e educadores, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica, Jardim Botânico de São Paulo, São Paulo, out. 2006.

TAYLOR, F. J. R. Dinoflagellates Morphology. *In*: TAYLOR, F.J.R. (ed.). *The Biology of Dinoflagellates*. London: Balckwell Scientific Publications, 1987. [Botanical Monographs]

VASCONCELOS, A. V., SILVA, M. R. da. *Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água de pequenos laticínios da região de Francisco Beltrão/PR*. 2012. TCC (Graduação em Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2012.

VARGAS-MONTERO, M.; FREER, E. Presencia de los dinoflagelados *Ceratium* dens, C. *fusus* y C. *furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. biol. Trop.*, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 52(supl.1): 115-120, set. 2003.

YAMAGUCHI, M.U; NUZIO, B. Prevalência de fungos em água para consumo humano de asilos e creches em Maringá – PR. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.3, n.2, p. 113-134, 2010.

DADOS DOS AUTORES

André Ricardo de Araújo Quadros Junior. (aricardo.q@edu.unirio.br). Acadêmico do curso de Medicina, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

João Paulo Gonçalves Ferreira. (jpferreira.jpg@gmail.com). Acadêmico do curso de Biomedicina, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

Camila Maistro Patreze. (cpatreze@gmail.com). Doutora em Ciências, área de concentração: Biologia na Agricultura e no Ambiente. Docente da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos, Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

Caio Lessa. (caiolessa10@hotmail.com). Acadêmico do curso de Biomedicina, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Felipe Pessoa. (epilefpessoa2@gmail.com). Acadêmico do curso de Biomedicina, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

Lucas Mota. (lucasmota22@gmail.com). Acadêmico do curso de Biomedicina, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

ÁGUAS DE USO RECREATIVO: LEGISLAÇÃO LATINO-AMERICANA DE QUALIDADE DAS PRAIAS

Jéssica dos Santos Barbosa

Natascha Krepsky

RESUMO: A conservação da vida marinha e a segurança da saúde dos banhistas dependem da qualidade das praias. Dessa forma, além da criação de legislação específica para cada território, medidas de monitoramento e fiscalização precisam ser executadas. Com o objetivo de comparar a legislação sobre qualidade microbiológica das praias recreativas na América Latina, esse levantamento bibliográfico foi realizado no período de agosto de 2017 a abril de 2018. A legislação cubana se destacou como a mais rígida dentre os sete países estudados, não permitindo a presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos, assim como microrganismos indicadores. Em contrapartida, Argentina e Peru demonstraram legislações permissivas de altas concentrações de contaminantes, sem incluir muitos contaminantes presentes em outras legislações. Para que a legislação tenha seu papel desenvolvido, é necessário um estudo detalhado das peculiaridades de cada país, localização, população e, sobretudo, é imprescindível que a educação ambiental da população seja prioridade do governo.

Palavras-chave: Saúde pública. Turismo. Ecossistemas marinhos. Poluição. Planejamento ambiental.

ABSTRACT: Marine life conservation and swimmers health depend on beach quality. Thus, in addition to the creation of specific legislation for each territory, monitoring and enforcement measures need to be implemented. In order to compare the legislation on the microbiological quality of recreational beaches in Latin America, this bibliographic survey was conducted from August 2017 to April 2018. The Cuban legislation stood out as the strictest among the seven countries studied, not allowing the presence of organic and inorganic contaminants, as well as indicator microorganisms. In contrast, Argentina and Peru have demonstrated permissive legislation on high concentrations of contaminants, without including many contaminants present in other legislations. A detailed study of countries peculiarities, location and population is necessary for the legislation development. Above it all, it is essential that the environmental education of the population is a priority of the government.

Keywords: Public health. Tourism. Marine ecosystems. Pollution. Environmental planning.

INTRODUÇÃO

Na América Latina, o turismo movimenta grande parte da economia, sendo, em muitas cidades, a sua principal fonte de renda. Para exemplificar, somente em 2003, o turismo gerou, nos países pertencentes ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), US$ 32 bilhões de renda direta em moeda estrangeira. Esse valor representa 7,3% das exportações totais e 59% da exportação de serviços comerciais. No México, por exemplo, em 2005, o turismo foi o terceiro maior gerador de moeda atrás somente do petróleo (ALTÉS, 2006). Na Argentina, a prática gerou mais que o dobro do dinheiro que a exportação de carnes em 2004 (ALTÉS, 2006). Nesse mesmo ano, no Chile, as receitas do turismo representaram 59% das exportações dos setores agrícola, florestal e pesqueiro. O turismo excedeu a receita de exportação de vinhos, atingindo o nível de exportação de salmão e truta (ALTÉS, 2006). Portanto, essa prática tão importante para a economia mundial deve ser analisada com atenção tendo em vista seus principais impactos sobre o ambiente onde ela ocorre. O planejamento das ações de desenvolvimento de empreendimentos turísticos em meios naturais é entendido, atualmente, como essencial para o êxito das estratégias de competitividade, em um mercado altamente dependente de meios naturais protegidos e de empreendedores com visão sustentável dos meios nos quais atua (RUSCHMANN; ROSA, 2006).

Em todo o mundo, as praias arenosas vêm sofrendo crescente descaracterização e degradação em razão da ocupação desordenada e crescimento do turismo (BLANKENSTEYN, 2006). Nos últimos anos, o rápido desenvolvimento industrial e o crescimento das cidades em todo o mundo estão levando ao aumento de problemas ambientais, bem como a deterioração acelerada na qualidade de vida da população. No Brasil, além da intensa especulação imobiliária, os investimentos em infraestrutura para o saneamento básico são escassos (BLANKENSTEYN, 2006). As propostas de uso sustentável do litoral brasileiro, através dos documentos de zoneamento, ainda não possuem mecanismos que permitam um rápido acesso para quantificar e qualificar os impactos antropogênicos (BLANKENSTEYN, 2006).

Para avaliar a qualidade bacteriológica da água, utilizam-se microrganismos como indicadores bacteriológicos para verificar a presença de contaminação de origem fecal. No entanto, o número de indicadores para determinar a qualidade da água é extenso e não existe um acordo sobre qual é o mais eficaz. Desta forma, há uma grande variedade de indicadores que podem ser utilizados no monitoramento da qualidade da água e suas densidades admissíveis variam de acordo com a norma adotada (NOBLE *et al.*, 2003). Alguns países, inicialmente, utilizavam somente coliformes termotolerantes como indicadores de contaminação de origem fecal. Com o passar do tempo, foi visto que só esses microrganismos não eram suficientes para essa análise. Portanto, a partir de 2003, o Ministério da Saúde, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), passou a adotar os *Enterococcus* (ENT) como indicador bacteriológico para água marinha ou salobra de uso recreativo com contato primário (BARCINAS *et al.*, 1990; BORDALO, 2003; SECRETARIA DE SAÚDE, 2003). Este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a legislação existente na América Latina para a qualidade microbiológica de praias recreativas e comparar a legislação existente com a legislação brasileira em vigor em 2018.

METODOLOGIA

De agosto de 2017 até abril de 2018, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a legislação em vigor na América Latina para qualidade das águas costeiras de uso recreativo. Para tal, foram consultadas as legislações de sete países, a saber: Chile, Peru, Argentina, Costa Rica, México, Cuba e Brasil. Esses países foram escolhidos por apresentarem um alto índice de migração turística, balneários exuberantes e alta diversidade marinha. Os portais de busca para artigos latino-americanos utilizados foram: SciELO, Periódicos Capes, Google Acadêmico e páginas oficiais do governo de cada um dos países listados. Para o levantamento, foram utilizados termos-chave como "legislação ambiental", "qualidade de água de praia", "índices de contaminação", "turismo em países litorâneos", "balneabilidade de praias", "medidas legais para águas recreativas", "legislação", "qualidade", "ambiente", "normas", "preservação", "contaminantes" e "marinho", entre outros. Em alguns casos, os termos empregados para a pesquisa foram adaptados de acordo com cada país de interesse. Para compilar a legislação de cada país e organizar os resultados, foi elaborada uma tabela com os tipos de contaminantes (inorgânico e orgânico), variáveis biológicas e ambientais (pH, coloração, DBO) e parâmetros microbiológicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da legislação dos países da América Latina demonstrou resultados extremamente divergentes, como mostra a Tabela 1. Enquanto alguns países da América Latina possuem suas legislações em bancos de dados de fácil acesso, países como Cuba e Costa Rica, não facilitam o acesso a essas informações.

A Argentina apresenta o maior número de parâmetros para contaminantes inorgânicos em sua legislação (GOVIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, 2006). Contudo, o país permite altas concentrações de contaminantes inorgânicos em comparação a países como Brasil, Costa Rica, México e Peru. No que diz respeito à concentração de microrganismos em suas praias, esse fato não é verdadeiro. A Argentina proíbe a presença de coliformes fecais, cianobactérias e é o único dos países estudados que prevê o limite de 0,01mg/L de microcistina (Tabela 1).

Assim como o Brasil, o Chile apresenta o órgão denominado CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Nesse país, a lei para qualidade de água cobre vários contaminantes inorgânicos, porém, entre os países estudados, é o que aceita os maiores valores de amônio em água (1.000 mg/L). As variáveis ambientais chilenas não incluem turbidez e odor, presentes em países como Costa Rica, México e Peru (MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA, 2009). Os parâmetros microbiológicos são o ponto mais fraco da legislação chilena, apresentando somente monitoramento de coliformes fecais, atualmente denominados coliformes termotolerantes.

A lei brasileira para contaminantes orgânicos e inorgânicos é abrangente e os valores permitidos são os mais restritivos em relação aos outros países analisados neste estudo. Contudo, para os parâmetros analisados nas variáveis ambientais, é insuficiente, uma vez que só prevê o pH e ausência visual de óleos e graxas, presença de resíduos e despejos sólidos ou líquidos (BRASIL, 2000). A resolução trata dos limites para as concentrações de bactérias indicadoras provenientes de contaminação fecal. Além disso, classifica os corpos d'água segundo sua concentração de sais (salobras, salinas ou doces) de acordo com o parâmetro aprovado em 29 de novembro de 2000. Em termos de parâmetros microbiológicos, apresenta maior abrangência e similaridade ao recomendado pela comunidade europeia (Directiva 2006/7/CE).

A norma mexicana (Nmx-Aa-120-Scfi-2006) prevê parâmetros inorgânicos similares aos demais países, mas apenas seis dos dezesseis contaminantes orgânicos para monitoramento periódico são previstos. As variáveis ambientais também estão em valores próximos aos outros países, sendo mais completa que a prevista para o Brasil, por exemplo. Apenas DBO e material flutuante não foram mencionados na legislação mexicana. Os parâmetros microbiológicos mexicanos seguem o recomendado pela Comunidade Europeia (Directiva 2006/7/CE). Entretanto, o valor previsto para *Enterococcus* foi o mais alto dentre os países consultados (200 NMP/100 mL), além de estar proibida a presença de coliformes termotolerantes e *E. coli*.

A Costa Rica apresenta ampla variedade no tipo de contaminantes inorgânicos contidos em sua lei, contudo, para orgânicos, apenas quatro compostos são monitorados. As variáveis ambientais monitoradas são amplas em comparação aos outros países estudados. Porém, assim como ocorreu com o Chile, apenas o monitoramento de coliformes fecais está previsto (Decreto nº 38924-S, 2002). Como os outros países estudados, o Peru prevê o monitoramento de uma grande variedade de contaminantes inorgânicos na água recreativa. No entanto, é o único país dentre os estudados em que o monitoramento de poluentes orgânicos na água do mar não está previsto em lei. Suas variáveis ambientais são abrangentes e restritivas, similares às da Argentina. Para os microbiológicos, apesar de aceitar o maior limite de coliformes termotolerantes (1.000 NMP/100mL), não permite a presença de *E. coli*.

Cuba apresenta uma legislação extremamente rígida, sendo a mais restritiva em relação aos demais países da América Latina estudados neste trabalho. Conforme mostrado na Tabela 1, esse país não permite a maioria dos contaminantes inorgânicos e orgânicos listados e/ou tolerados em outros países. Na Tabela 2, foi apresentada a norma de Cuba (NC 521: 2007). No caso de águas recreativas de contato primário (categoria B), essa norma proíbe a presença de contaminantes. A norma cubana também estabelece valores que abrangem variáveis ambientais, tais como pH, temperatura, DBO, entre outras (Tabela 2) e avalia as concentrações para que sejam considerados, ou não, como fonte contaminante. Além disso, não permite a presença de coliformes em águas recreativas de contato primário (Categoria B, Tabela 2). Apesar de muito rígida, essa norma não assegura que suas praias estejam livres de contaminação, ainda mais se tratando de períodos de grande influxo de banhistas, o que acaba por gerar uma contamina-

ção ainda maior. Yamiris *et al.* (2013) esclarece, em seu artigo, que a presença de ao menos um indicador bacteriano em concentrações não permitidas pela norma cubana de referência pode estar relacionado à existência de outros microrganismos patogênicos como *Aeromonas*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Legionella*. No entanto, o desenvolvimento da doença vai depender do estado imunológico e do grau de exposição aos poluentes da pessoa infectada. Isso demonstra que existe uma grande distância entre o que está na lei dos países e o que é realmente cumprido. No entanto, o país conta com diversos trabalhos que realizam monitoramento dessas águas (GÓMEZ, ELENA, & REGALADO, 2008).

A norma peruana para qualidade microbiana para contato primário estabelece o limite de 5.000 NMP/100 mL para coliformes totais ou 1.000 NMP/ 100 mL para coliformes termotolerantes como valores máximos em 80% de 5 ou mais amostras mensais (DECRETO SUPREMO, 1983). Em relação aos coliformes termotolerantes, seu limite é cinco vezes maior que o vigente nos Estados Unidos até 1986. Esse foi modificado por ser considerado de alto risco para a saúde. Segundo Vergaray *et al.* (2007), a norma peruana não é adequada para redução do risco de doenças gastrointestinais para os banhistas e deve ser revista. O Peru também sofre com o aumento demográfico no verão. Comparando os resultados das análises de inverno e verão, viu-se aumento significativo da contaminação microbiana de origem fecal na estação do verão (SALAS, 1989). Uma observação similar foi feita por Pérez Guzzi *et al.* (2006) em *Mar del Plata*, na Argentina. O aumento de banhistas e da população que mora nas proximidades da praia no verão levou ao aumento do volume de agentes microbiológicos em suas águas, acarretando também a diminuição do poder de depuração do mar contra esses microrganismos nocivos.

Na Costa Rica, as águas são classificadas através do monitoramento da contaminação por coliformes termotolerantes e outros parâmetros na zona costeira. No entanto, foi observado esforço para realizar limpezas em alguns setores das praias que apresentam importância turística para a região, como a praia de Puntarenas. Quando uma praia satisfaz a uma série de requisitos, como ser livre de certos contaminantes e, especialmente, ser bacteriologicamente segura para nadar, é atribuída a ela uma bandeira azul (Programa Bandeira Azul Ecológico), que serve como referência para os usuários e isso tem implicações importantes em relação à imagem no turismo do lugar (MORA-ALVARADO, 1997). Uma contaminação relatada após uma amostragem das águas costeiras do Parque Nacional da Cahuita (Costa Rica), em julho de 2002, causou uma deterioração na biodiversidade de um ecossistema de corais. Contudo, após a mudança na localização e na profundidade das descargas de águas contaminadas, foi observado um crescimento incipiente desses corais (MORA-ALVARADO, 1997).

O regime de chuvas é um fator condicionante na qualidade das praias que recebem milhares de litros dos rios que ali deságuam, muitas vezes contaminados por esgoto proveniente das grandes cidades (DELGADO *et al.*, 2008). Durante esse período, como resultado da atividade humana, o número de resíduos sólidos encontrados na areia também aumenta, o que causa aumento dos níveis de poluição nas zonas balneares, bem como o risco, para os banhistas, de contrair doenças, especialmente gastroenterites (SILVA-IÑÍGUEZ *et al.*, 2007). Isso demonstra que existe uma grande distância entre o que está nas leis dos países e o que é realmente cumprido.

O turismo surge, na modalidade de ecoturismo, como uma importante ferramenta para a gestão ambiental de locais considerados como paraísos naturais e de recursos valiosos. Tal prática depende de um planejamento prévio, de forma a conservar e explorar de maneira sustentável. Para isso, é necessário que tanto a população nativa quanto o próprio turista passem por um processo educacional. Nesse sentido, a educação ambiental é primordial para realização do ecoturismo.

A Organização Mundial do Turismo (OMT) entende que o turismo sustentável é aquele em que se realiza a gestão de todos os recursos de tal forma que as necessidades econômicas e estéticas possam ser satisfeitas, mantendo-se, ao mesmo tempo, a integridade cultural, os processos ecológicos essenciais, a diversidade e o sistema de suporte à vida (VASCONCELOS; CORIOLANO, 2008). Para Félix (2003), o ecoturismo sustentável é, por sua vez, a forma de exploração ambiental que não agride o meio, sendo aproveitado com o mínimo impacto possível, obtendo resultados economicamente satisfatórios e que atendem às necessidades do público-alvo. Para isso, é preciso investir em infraestrutura adequada, utilizar tecnologias limpas, bons produtos (bens e/ou serviços), profissionais capacitados, melhores tarifas domésticas, divulgação apropriada e honesta. No entanto, o mínimo de impacto possível, ainda assim, gera uma alteração naquele ambiente, o que nos leva a questionar se há algum tipo de atividade turística que não gere prejuízos ao meio ambiente. Sabendo isso, deve-se entender que é necessário

um foco na sustentabilidade da atividade. Swarbrooke (2000) ainda destaca que tais práticas devem ser: um turismo em pequena escala; uma forma de turismo mais ativa; que não exija muita infraestrutura; menos espoliativo da cultura e da natureza local se comparado a outras modalidades de turismo; realizado por turistas esclarecidos e bem-educados, conscientes acerca da sustentabilidade e interessados nesses temas.

Diante da análise desse cenário, é notório que o planejamento ambiental para o turismo possui um papel fundamental na preservação desse ambiente tão único quanto os nossos oceanos. Entretanto, para que esse planejamento seja realizado, é necessária a integração das diversas esferas do poder público. Para Carranza *et al.* (2000), a gestão do litoral depende de muitos fatores, dentre os quais se incluem os geográficos, políticos, administrativos, econômicos, oceânicos e sociais. Por conta disso, os programas de manejo de áreas litorâneas são muito particulares a cada espaço geográfico, mesmo que dentro de uma mesma região.

Preservar esses ambientes tão essências para a vida como nós conhecemos é de suma importância, pois essas áreas costeiras, comparadas com os ambientes terrestres do interior, são dotadas de recursos renováveis muito mais ricos, nomeadamente: pesca produtiva, solos, indústrias, águas com qualidade recreativa, praias. No entanto, existem fatores que alteram esses ecossistemas, como alta densidade populacional, poluição, desemprego, entre outros (CARRANZA et al., 2000). Os conflitos socioambientais são fenômenos complexos, que envolvem o mundo biofísico e seus ciclos naturais, a teia de relações sociais numa dada formação histórica e as interações entre ambos. São frequentes os conflitos relacionados aos impactos ambientais de umas atividades sobre as outras; ou os que se configuram como disputas pela utilização dos mesmos recursos. Registram-se também conflitos em torno do uso de conhecimentos ambientais (LITTLE, 2001).

Para que haja um interesse do poder público em realizar medidas de proteção desses ecossistemas tão sensíveis, é necessário que seja realizado um plano de ações que leve em conta o ambiente, a população residente e o que esse local representa economicamente para aquele território. Da Cunha (2006) ressalta que a administração dos conflitos visando à sua resolução por via pacífica pode apoiar-se na abordagem dos ganhos mútuos, que propõe a ultrapassagem de um padrão de jogos de soma zero, aqueles em que um lado ganha e o outro perde, e os resultados positivos e negativos se anulam no balanço total. Quando não há boa gestão ambiental pelo governo, este se torna a fonte do problema, o qual perde o controle e deixa de tomar as medidas necessárias para que não ocorra o problema ambiental. Isso resulta em deterioração do meio ambiente e, portanto, também da qualidade de vida da população (MENDOZA, 2008) e perda do potencial turístico da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento ambiental para o turismo possui um papel fundamental na preservação desse ambiente costeiro tão único. Entretanto, para que esse planejamento seja realizado, é necessária a integração das diversas esferas do poder público. Quando não há boa gestão ambiental pelo governo, este se torna a fonte do problema. Ao perder o controle e deixar de tomar as medidas necessárias para que não ocorra o problema ambiental, a gestão resulta em deterioração do meio ambiente e, portanto, também da qualidade de vida da população, além de perda do potencial turístico da região.

O processo de aumento da densidade populacional durante determinadas épocas do ano faz com que sejam necessárias medidas legais de controle, visando minimizar os inúmeros impactos ocasionados por tais atividades. A legislação para qualidade de águas das praias é um dos pilares para a preservação desses ecossistemas. Todavia, para que ela tenha esse papel desenvolvido, é necessário que haja um estudo detalhado da localização, suas peculiaridades, população e, sobretudo, adicionado a isso, é imprescindível que a educação ambiental da população seja prioridade do governo. A fiscalização em conjunto ao monitoramento dessas águas são ferramentas para o manejo adequado desses ambientes. O papel do especialista da área em analisar como aquele território é afetado por ações antropogênicas, realizando medidas de prevenção e mais do que isso, alimentando a conscientização da população em geral, em todas as esferas, desde o cidadão até os governantes.

A dificuldade em se obter as normas para qualidade de águas recreacionais problematiza algo tão simples nos tempos de hoje, o acesso à informação. Alguns países possuem suas legislações e bancos de dados de fácil acesso, outros não, seja por compartilharem a mesma "lei das águas", seja por não facilitarem o acesso a essas informações utilizando palavras-chave diferen-

tes para as suas normas. Esse problema foi observado ao buscar a legislação de países como Cuba e Costa Rica. No entanto, além de uma legislação rígida, a ilha caribenha parece realizar uma constante revisão de sua norma.

Mediante toda a tecnologia disponível atualmente, a atualização das legislações de acordo com os trabalhos realizados por especialistas é essencial, a integração entre legislativo e ciência contribui para a conservação de nossas praias, a manutenção do turismo de mínimo impacto e a movimentação da economia.

TABELAS

Tabela 1 – Legislação latino-americana para qualidade da água de praia de uso recreativo em vigor em 2018.

Parâmetros	Limites estabelecidos pelos países da America Latina mg/L						
Contaminantes inorgânicos	**Argentina**	**Brasil**	**Chile**	**Costa Rica**	**Cuba**	**México**	**Peru**
Amônio	500	N/D	1000	0,05	N/D	N/D	N/D
Arsênico	25	0,01	110	0,05	N/P	0,05	0,01
Cianeto	175	0,001	5	0,01	N/P	0,07	N/D
Cobre	5000	0,005	9,4	0,05	N/P	2	0,05
Chumbo	25	0,01	2,5	0,01	N/P	0,01	0,01
Cádmio	7,5	0,005	2	0,005	N/P	0,005	0,01
Cromo	125	0,05	10	0,05	N/P	0,05	0,05
Mercúrio	25	0,0002	0,05	0,0001	N/P	0,001	0,001
Zinco	7500	0,09	120	0,17	N/P	5	3
Níquel	18	0,025	52	0,1	N/D	N/D	0,02
Contaminantes orgânicos							
Fenol	N/D	60	2	0,01	N/P	0,03	N/D
PCBs (bifenilospoliclorados)	1,25	0,03	0,04	0,01	N/P	N/D	N/D
Lindano	N/D	0,004	4	2	N/P	2	N/D
Clordanos	0,5	0,004	0,006	N/D	N/P	0,2	N/D
DDT	5	0,001	0,001	N/D	N/P	1	N/D
Heptacloros	0,075	0,001	N/D	N/D	N/P	0,03	N/D
Aldrin/Dieldrin	0,075	0,0019	0,5	N/D	N/P	0,03	N/D
Endrín	N/D	0,004	N/D	N/D	N/P	N/D	N/D
HCB (hexaclorobenzeno)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/P	N/D	N/D
Endosulfan	N/D	0,01	N/D	N/D	N/P	N/D	N/D
Mirex	N/D	N/D	N/D	N/D	N/P	N/D	N/D
Acenafteno	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Fenantreno	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Fluoranteno	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Naftaleno	N/D	N/D	N/D	2	N/D	N/D	N/D
Quinolina	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Contaminantes Microbiológicos							
Coliformes termotolerantes	Ausente	50 NMP/100 m	1.000	200	N/P	Ausente	1000
Enterococos	35 NMP/100	25/ 100mL	N/D	N/D	N/D	200	35
Cianobacterias	Ausente	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Microcistina	0,01	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Escherichia coli	N/D	200	N/D	N/D	N/D	Ausente	Ausente
Variáveis ambientais							
pH	6,5-8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6, 5-9, 5	>5,0<9,0	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0
Odor	Não perceptível	N/D	N/D	Não perceptível	N/D	Aceitável	Aceitável
Coloração	Ausente	N/D	20 Pt-Co	5	N/D	20unid	Ausente
Material flutuante e espuma não natural	Ausente	N/D	30 mg/L	Ausente	N/P	N/D	Ausente
DBO	10	N/D	5	N/D	<4500	N/D	5
Turbidez	100 UNT	N/D	N/D	<1	N/D	5 UNT	100 UNT

Fonte:
Argentina: Diretório de Autoridade de Água da Província de Bueno Aires Resolução n° 042/2006
Brasil: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução n°274/2000
Chile: Ministério Secretaria Geral da Presidência Decreto n° 144/2009
Costa Rica: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES 2002: RECURSO AGUA
Cuba: Norma Cubana (NC 521:2007) Oficina Nacional de Normalización.
México: Norma NMX-AA-120-SCFI-2006 Secretaría de Salud.
Peru: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Artículo 31°/2008 de la Ley Nº 28611 - Estándar de Calidad Ambiental (ECA

Tabela 2 – Limites máximos permitidos para descarga de águas residuais na zona costeira e para os receptores marinhos previstos para Cuba

		Classe do corpo receptor					
Parâmetro	**Unidade**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
pH	U	5,5-9,0	NP	5,5-9,0	5,0-10	5,5-9,0	5,0-10
Temperatura	°C	40	NP	40	40	40	40
Material flutuante	-	Ausente	NP	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
DBO	mg/L	30	NP	30-150	150	75	150
Coliformes termotolerantes	NMP/ 100 mL	200	NP	200-400	1000	1000	SR

Legenda: NP: Não permitido; SR: Sem restrição.

Fonte: Adaptado de NC: 521, 2007.

REFERÊNCIAS

ALTÉS, C. El turismo en América Latina y el Caribe y la experiencia del BID. *Inter-American Development Bank*, 2006.

BARCINAS, I.; GONZÁLEZ, J. M., IRIBERRI, J.; EGEA, L. Survival strategy of *Escherichia coli* and *Estreptococcus fecalis* in illuminated fresh and marine systems. *Journal of Applied Bacteriology*, v. 68, p. 189-198, 1990.

BLANKENSTEIN, G. M. P.; SOUZA, L. H. Educar para o turismo: contributos estratégicos para a sustentabilidade de destinações. *Revista Hospitalidade*, v. VII, n. 2, p. 52-74, 2010.

BORDALO, A. A. Microbiological water quality in urban coastal beaches: The influence of water dyna- mics and optimization of the sampling strategy. *Water Research*, v. 37, n. 3, p. 233-241, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a qualidade das águas de balneabilidade e altera o disposto na Resolução CONAMA n. 20, 18 jun. 1986. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Poder Executivo, Brasília, DF, 25 jan. 2001. Seção I, p. 70-71.

CARRANZA, C. C. *et al.* Planeamiento y gestion del ambiente litoral de Chancay. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, v. 3, n. 6, p. 13-24, 2000.

DA CUNHA, Icaro Aronovich da. Fronteiras da gestão: os conflitos ambientais das atividades portuárias. *Rev. Adm. Pública*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 6, p. 1.019-1.040, dez. 2006.

DE CALIDAD AMBIENTAL. *Norma de descarga de efluentes:* recurso agua. Libro IV del Texto unificado de Legislación Secundaria, 2002.

DELGADO, Y.; MIRAVET, M.E.; NUÑEZ, R. Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de Ciudad de La Habana. *Higiene y Sanidad Ambiental, v.* 8, p. 387-391, 2008.

COMISSÃO EUROPEIA. Directiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de fevereiro de 2006, relativa à gestão da qualidade das águas balneares e que revoga a Directiva 76/160/CEE. *Off. J. Eur. Commun.*, v. 64, p. 37-52, 2006.

FÉLIX, Luiz Fernando Fortes. O ciclo virtuoso do desenvolvimento responsável. *Responsabilidade social das empresas:* a contribuição das universidades, v. 2, p. 13-42, 2003.

GARCÍA, Vera *et al.* Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, v. 54, n. 1, 2006.

GOVIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. *Resolução nº 042/2006 Art.* 1º. Valores de referencia de calidad de aguas dulces marinas para agua de uso recreativo.

LITTLE, P. Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e ação política. *In*: BURSZTIN, M. (Org.). *A difícil sustentabilidade* – política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad para el Agua, Decreto Supremo nº. 015-2015-MINAM.* Lima, Perú, 2015.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. *D. S. 144/09 – Establece Normas de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas y Estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo.* Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Fecha Publicación, 2009.

MORA-ALVARADO, D. Beneficios del Programa Bandera Azul Ecológica para las playas de excelencia en los aspectos higiénicos sanitarios: Costa Rica, período 1996-1997. *Rev. Costar. Salud Pública*, v. 6, p. 43-53, 1997.

NOBLE, R. T.; MOORE, D. F.; LEECASTER, M. K.; MCGEE, C. D.; WEISBERG, S. B. Comparison of total coliform, fecal coliform, and *enterococcus* bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing. *Water Research*, v. 37, p. 1637-1243, 2003.

NORMA CUBANA. *N.C. 521 – Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización: La Habana*, Cuba, p. 14, 2007.

PÉREZ GUZZI, J.; ZAMORA, A.; FALABELLA, A.; ISLAY, F.; ESCALANTE, A. Situación Sanitaria de la Zona Balnearia de la ciudad de Mar del Plata. *In*: *1er.* CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE GESTIÓN Y TRATAMIENTO INTEGRAL DEL AGUA, ARGENTINA, 1., Organização Mundial de Turismo, *Tourism 2020 vision*, Madrid: OMT.

RUSCHMANN, D.V.D.M; ROSA, R.G. A sustentabilidade como estratégia de desenvolvimento em empreendimentos turísticos – o caso da Ilha de Porto Belo/SC. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM TURISMO DO MERCOSUL (SeminTUR), 4., 2006, Caxias do Sul, RS. *Anais*. Caxias do Sul: UCS, 2006.

SALAS, H. Calidad del agua en el medio marino. Historia y Aplicación de Normas microbiológicas. *Boletín de Investigación de Servicios de Salud*. v. 107, n. 3, p. 226- 237, 1989.

SCFI. NMX-AA-120-SCFI-2006. Establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de playa. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Diario Oficial de la Federación*. Jueves, 6 jul. 2006.

SECRETARÍA DE SALUD. *Lineamientos para determinar la calidad del agua de mar para uso recreativo con contacto primario*. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Secretaría de Salud, México, 2003.

SWARBROOKE, J. *Turismo sustentável*. Conceitos e impacto ambiental. v. 1. São Paulo: Aleph, 2000.

TERRONES MENDOZA, Eduardo. *Modelo de gestión ambiental municipal para contribuir con el desarrollo sustentable del litoral de huanchaco*. 2008. Tesis (Maestro en Ciencias) – Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2008.

VASCONCELOS, F. P.; CORIOLANO, L. N. T. Impactos socioambientais no litoral: um foco no turismo e na gestão integrada da zona costeira no Estado de Ceará/Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 8, n. 2, p. 259-275, 2008.

VERGARAY, G.; MÉNDEZ, C. R.; MORANTE, H. Y.; HEREDIA, V. I.; BÉJAR, V. R. *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Revista del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 10(20): 82-86, 2007. Disponível em: http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/498/424. Acesso em: 6 dez. 2019.

YAMIRIS, G. D.; MARLÉN, P. G.; JESÚS, G. B. *Calidad Bacteriológica De Las Zonas De Baño Del Litoral Habanero*. Observatorio Geográfico de América Latina, 2013. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15/Procesosambientales/Impactoambiental/37.pdf. Acesso em: 6 dez. 2019.

DADOS DOS AUTORES

Jéssica dos Santos Barbosa (jessica.sb4@gmail.com). Licenciada em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Professora associada, Departamento de Ciências do Ambiente, Instituto de Biociências, Urca, Rio de Janeiro, Brasil.

Natascha Krepsky (natascha@unirio.br). Doutora em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Professora associada, Departamento de Ciências do Ambiente, Instituto de Biociências, Urca, Rio de Janeiro, Brasil.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO ALUNO DO ENSINO A DISTÂNCIA E SEU ESTILO DE APRENDIZAGEM

Roberto Costa

Gustavo Souza

Thales Castro

Ricardo Valentim

RESUMO: O ensino a distância associado ao uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) como ferramentas de interação entre o aluno e o educador tornou-se um grande nicho de pesquisa em todo o mundo. As técnicas para melhorar a eficácia da aprendizagem nos AVAs buscam encontrar relações entre o progresso pedagógico e os recursos tecnológicos educacionais disponíveis nesses ambientes. Nesse contexto, este trabalho procurou associar a teoria dos estilos de aprendizagem ao comportamento dos estudantes em ensino a distância, observando suas interações com o Ambiente Virtual de Aprendizagem e tentando associá-las ao seu estilo de aprendizagem, identificado com o Questionário de Estilos de Aprendizagem Honey-Alonso (CHAEA). Os resultados mostram que não há correlação entre esses elementos, o que pode evidenciar, na verdade, ausência de consistência entre essas teorias.

Palavras-chave: Educação a distância. Ambiente Virtual de Aprendizagem. Estilos de aprendizagem. Padrão de comportamento. Análise de correlação.

ABSTRACT: Distance learning associated with the use of Virtual Learning Environments (VLE) as tools for interaction between the learner and the educator has become a large research niche throughout the world. Techniques for improving effectiveness of learning in VLEs seek to find relations between pedagogical progress and educational technological resources available at the VLEs. In this context, this work has sought to associate the theory of Learning Styles with the behavior of the students in Distance Learning. By observing their interactions with the Virtual Learning Environment and trying to associate them with their learning style, identified with the Honey-Alonso Learning Styles Questionnaire (CHAEA). The results show that there is no correlation between these elements, which may evidence, actually, absence of consistency between these theories.

Keywords: Distance learning. Virtual Learning Environments. Learning Style. Behavioral pattern. Correlation analysis.

INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda dos cursos oferecidos pela modalidade de educação a distância (EAD), associados com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) desenvolvidas, surge, no início dos anos 2000, uma nova modalidade de curso a distância através da Internet, que são os cursos *on-line* (COELHO NETO *et al.*, 2011).

Foi através desse cenário de crescimento, perpetuado até os dias de hoje, que surgiram os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), classificados como *softwares* que agregam ferramentas para a criação, tutoria e gestão de atividades que normalmente se apresentam sob a forma de cursos (SILVA, 2011). Esses ambientes tomaram forma e foram desenvolvidos para gerir essa nova modalidade de apoio ao desenvolvimento e andamento de cursos desenvolvidos na modalidade EAD.

Esses ambientes são desenvolvidos para oferecer cursos *on-line* em que a interação professor e aluno acontece a distância, isto é, em ambientes fisicamente distintos (PIVA JÚNIOR *et al.*, 2011). Para isso, esses ambientes estão cheios de recursos pedagógicos que têm o intuito de auxiliar o professor no processo de criação, planejamento e controle de curso ou disciplina *on-line*.

Devido à distância espacial e temporal entre professor e aluno, a organização didática e pedagógica terá de ser bem planejada, de modo que os alunos assumam a construção autônoma do seu processo de aprendizagem sem a presença física do professor (SILVA, 2011).

Pensando nisso, esse trabalho buscou conhecer como o aluno de EAD se comporta através da sua interação com os recursos e atividades acessados no AVA para verificar a existência ou não da relação desse comportamento com o seu estilo de aprendizagem (EA) predominante identificado.

Para entendermos melhor o que são os estilos de aprendizagem (EA), tomamos o conceito de Alonso e Gallego (2000), com base nos estudos de Keefe (1979), que conceitua os estilos de aprendizagem como sendo traços cognitivos, afetivos e fisiológicos, que servem como indicadores relativamente estáveis de como os alunos percebem, interagem e respondem a seus ambientes de aprendizagem.

Em Alonso *et al.* (2002), os autores afirmam que todas as pessoas usam diferentes estilos de aprendizagem, embora um seja geralmente predominante. Isso quer dizer que aprendemos através de todos os quatro estilos de aprendizagem (Ativo, Teórico, Reflexivo e Pragmático), mas sempre existirá um que predomina e determina a forma como o ser humano mais gosta de aprender.

Então, se o EA predominante do aluno for detectado no início do processo de ensino e aprendizagem, ele tende a se tornar eficaz e benéfico, pois o professor, conhecendo melhor o comportamento dos seus alunos, poderá preparar melhor seus conteúdos pedagógicos satisfazendo, assim, a necessidade de toda a turma. Mas será que existe uma relação entre o comportamento do aluno EAD com o seu EA predominante?

Em busca da resposta a esse questionamento, este trabalho buscou encontrar a existência ou não da relação entre esses dois parâmetros, o comportamento do aluno EAD ao interagir com os recursos e atividades dispostas no AVA e o seu EA predominante detectado através do seu autorrelato feito através do preenchimento do questionário CHAEA (*Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje*).

Nesse sentido, este estudo se debruçou na pesquisa de algum método de correção que pudesse encontrar uma relação direta entre esses dois parâmetros e que estão descritos na metodologia deste trabalho.

METODOLOGIA

A questão investigada neste trabalho foi saber se existe uma relação direta entre o EA predominante do aluno com o seu comportamento no AVA ao interagir com os recursos e atividades disponibilizados no Ambiente Educacional. Será que podemos identificar os EA dos alunos de uma turma *on-line* através do seu comportamento ao interagir com as ferramentas da plataforma? Ou ainda, será que algum dos EA é característico dos alunos EAD?

Para responder a esses questionamentos, o processo de investigação foi dividido em quatro etapas, sendo que, na primeira, foi aplicado o questionário de identificação de estilos de aprendizagem CHAEA 32 simplificado, de forma *on-line* no próprio AVA onde o aluno acessa o curso em que está matriculado. A segunda etapa foi de análise desses dados do questionário, no qual foi identificado o EA predominante de cada aluno. Na terceira etapa, foram executadas as consultas na base de dados do AVA para obter os comportamentos dos alunos, fruto das suas interações com o AVA. Na quarta etapa, ocor-

reu a aplicação dos métodos, que teve como objetivo encontrar alguma correlação entre os EA predominantes dos alunos com os seus comportamentos no AVA. Para isso, foram testadas duas técnicas. Na primeira técnica, foi usada uma rede neural (RN) com objetivo de classificar os comportamentos dos alunos de acordo com o seu EA predominante; e, na segunda, foi avaliada a relação dos dados através do método de correlação linear de Pearson (MORETTIN; BUSSAB, 2017).

Aplicação do questionário

Neste estudo, foi aplicado o questionário de identificação de estilos de aprendizagem CHAEA 32 simplificado, que corresponde ao trabalho das pesquisadoras Vega e Patino (2013) que teve como objetivo readaptar o questionário CHAEA 80 proposto por Alonso *et al.* (2002), que reduz o número de questões de 80 para 32, sem que houvesse perda na qualidade dos dados extraídos.

O questionário CHAEA 32 simplificado foi aplicado, inicialmente, em uma instituição de ensino superior, da qual participaram 650 alunos. Após a realização da limpeza dos dados inconsistentes, isto é, preenchimento incompleto ou falta de preenchimento das respostas dadas pelos alunos, chegou-se a um total final de 598 alunos.

Segundo os autores Miranda e Morais (2008), o questionário foi elaborado com objetivo de identificar o estilo de aprendizagem predominante de cada aluno participante, que pressupõe suas atitudes face ao processo de aprendizagem. Para que as respostas às questões do questionário ficassem mais humanizadas, foi utilizada a escala Likert que, ao contrário dos questionários de perguntas fechadas em SIM ou NÃO, a escala Likert nos permite medir e conhecer o grau de concordância do entrevistado com as afirmações propostas (ALMEIDA; FREIRE, 2000).

A escala Likert é muito útil para situações em que se precisa de um detalhamento maior da opinião do entrevistado, fazendo com que as respostas não fiquem niveladas apenas às suas extremidades, mas se possa também expressar posições intermediárias. Ficam, assim, as quatro opções de escolha: 1 – "totalmente em desacordo"; 2 – "em desacordo"; 3 – "de acordo"; 4 – "totalmente de acordo", permitindo, desse modo, que o entrevistado defina sua resposta de maneira mais maleável e sem dúvidas.

Identificação dos estilos de aprendizagem

Para identificar o EA de cada aluno, foram tabuladas as respostas dadas ao questionário e, ao final, foram contabilizadas quantas respostas de cada opção (1; 2; 3 e 4) cada aluno deu, chegando-se à pontuação adquirida dos alunos para cada um dos quatro tipos – Ativo, Teórico, Reflexivo e Pragmático – da classificação dos EA.

Ao concluir essa etapa, constatamos que havia alunos com valores muito próximos em mais de um tipo de EA, então usamos outra técnica, que foi a de dispor as pontuações dos tipos de EA em 5 categorias. Para cada tipo de EA, foi atribuída uma categoria (1 a 5) que correspondia ao intervalo dos valores extraídos entre o menor e o maior valor encontrado nas amostras dos alunos para cada tipo de EA. Nessa técnica, a mesma utilizada por Honey e Mumford (1986) e seguida por Alonso e Gallego (2000), define-se, para cada tipo de estilo, uma correspondência de faixa de valores que se baseia nas pontuações fornecidas pela amostra dos alunos respondentes do questionário.

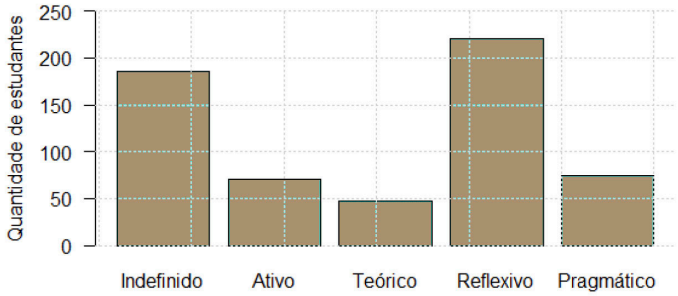
As categorizações das faixas dos tipos de EA ficaram definidas com o percentual de 10% das amostras dos valores mais altos, classificados como nível "muito alto" de preferência, as 20% seguintes integram as amostras classificadas como nível "alto", as 40% subsequentes, classificadas como nível "moderado", as próximas 20% são classificadas como nível "baixo" e, concluindo, as 10% restantes, classificadas como nível "muito baixo" de predominância. Ao final das análises dos dados dos 598 alunos, chegamos aos intervalos que categorizam os estilos de aprendizagem.

A partir dessa classificação, foi feita uma nova filtragem, em que se separaram os registros cujas categorias em todos os estilos apresentassem somente os valores 5 (Muito Baixa), 4 (Baixa) ou 3 (Moderada) ou a combinação entre eles**,** por reconhecer que esses alunos não apresentam nenhum EA como predominante, o que rotulamos como estilo de aprendizagem indefinido. Os alunos com valores enquadrados nas categorias 1 (muito alto) ou 2 (alto) tiveram seus EA predominantes destacados.

A Figura 1 apresenta as quantidades de alunos e seus respectivos estilos de aprendizagem predominantes. Há uma maior concentração no estilo reflexivo, ou seja, a base de dados é muito desequilibrada. Esse desbalanceamento entre as classes pode ser atribuído a diversos fatores.

Um deles é o fato de o questionário apresentar para esses estilos de aprendizagens perguntas em que parece haver mais dificuldade do aluno de responder negativamente. A negação dessas perguntas parece assumir que o aluno tem pouco cuidado na tomada de decisão, que é uma característica indesejada para um estudante.

Figura 1 – Distribuição dos estilos de aprendizagem dos 598 alunos (Quantidade x Estilos)



Identificação dos comportamentos

Essa fase teve como objetivo identificar os comportamentos dos alunos pertencentes às turmas selecionadas que fizeram parte da pesquisa. Para isso, foi preciso acessar algumas tabelas da base de dados do Ambiente Virtual de Aprendizagem em uso, onde fica armazenado todo o histórico de acesso e interação dos alunos dos cursos ministrados no formato EAD junto ao AVA. Tudo isso com objetivo de colher informações de comportamento destes na plataforma.

Para obter as variáveis de comportamento, foram realizadas várias consultas em código SQL – *Structured Query Language* na base de dados do AVA. A Figura 2 mostra um exemplo de uma das consultas realizadas com objetivo de retornar o tempo de resposta do aluno ao executar o envio de uma tarefa.

Figura 2 – Exemplo do código SQL – Tempo para Enviar Tarefa

```
-- DROP TABLE e_assign;
CREATE TABLE e_assign
SELECT    u.id AS u_id,
          u.firstname AS u_firstname,
          u.lastname AS u_lastname,
          a.id AS a_id,
          a.timemodified AS a_timemodified,
          a.duedate AS a_duedate,
          a.allowsubmissionsfromdate AS a_allowsubmissionsfromdate,
          s.id AS s_id,
          S.timecreated AS s_timecreated,
          s.timemodified AS s_timemodified
FROM      academico.mdl_assign_submission s
              INNER JOIN academico.mdl_assign a ON (s.assignment=a.id)
              INNER JOIN douglas.e_aluno u ON (s.userid=u.id)
WHERE     STATUS = 'submitted'
ORDER BY u.firstname;
```

Em cada consulta realizada, era retornado um valor correspondente à variável de comportamento de uma ação de cada aluno de acordo com sua interação com o AVA, como o número de mensagens postadas pelo aluno durante o transcorrer do curso.

Conhecido o comportamento de cada aluno ou, ainda, como ele reage ao estímulo dos professores através de recursos e atividades disponibilizados no AVA, chegou-se ao conhecimento do padrão de comportamento individual de cada um deles.

As variáveis identificaram: o número de acesso ao curso, a quantidade de mensagens enviadas, a quantidade de acessos aos recursos pasta, página, arquivo e URL, também identificamos a quantidade de acesso às atividades tarefa, questionário e fórum.

Aplicação dos métodos

Método de implementação da rede neural

Após a identificação dos comportamentos dos alunos, partimos para as análises dos dados a começar pelo primeiro método, que foi a implementação da rede neural utilizando todos os dados colhidos dos alunos que configuraram seus comportamentos no AVA juntamente com o seu EA identificado. Optou-se pela rede neural multicamada, por tratar-se de um algoritmo de aprendizagem de máquina supervisionado, aplicado a problemas de dados não lineares (HAYKIN, 2007).

O algoritmo foi desenvolvido utilizando a biblioteca de aprendizado de máquina de código aberto para a linguagem de programação Python: Scikit-learn (SCIKIT-LEARN, 2019). Essa biblioteca foi escolhida por fornecer ferramentas simples e eficientes para mineração e análise de dados, por exemplo, a classe MLPClassifier, que implementa um perceptron multicamadas, utilizando o algoritmo de aprendizado de retropropagação do erro (SCIKIT-LEARN, 2019).

A multilayer perceptron (MLP), ou rede de múltiplas camadas, é uma rede neural semelhante ao perceptron, que é uma rede mais simples, mas se difere por possuir mais de uma camada de neurônios e também por usar o algoritmo da retropropagação de erro (HAYKIN, 2007).

Sabendo que a padronização dos dados é um requisito comum para os algoritmos de aprendizagem de máquina, não se pode deixar de comentar que os dados, antes de processados pela rede neural, foram também normalizados. Para isso, foi utilizado um módulo (preproces-

sing) da biblioteca Scikit-learn, que disponibiliza algumas classes de normalização e padronização de dados como a MinMaxScaler, a StandardScaler e a RobustScaler.

- **MinMaxScaler**: esta classe pega todas as entradas e subtrai pelo menor valor correspondente, depois divide pela diferença entre o menor e o maior valor da respectiva entrada (SCIKIT--LEARN, 2019).
- **StandardScaler**: esta outra classe implementa o cálculo da média e o desvio padrão de um conjunto de dados de treinamento (SCIKIT-LEARN, 2019).
- **RobustScaler**: por último, esta classe remove *outliers* (valores atípicos), retirando a mediana e dimensionando os dados de acordo com o intervalo de quantil (SCIKIT-LEARN, 2019).

Ao implementar os algoritmos, optou-se por utilizar, para avaliar os resultados da classificação, a acurácia e a matriz de confusão. No entanto, pouca variação na rede neural foi notada ao se utilizar cada uma dessas classes individualmente. A Tabela 1 mostra o resultado médio, após as interações realizadas pela rede neural. Nesta, a acurácia média foi de 20%.

Tabela 1 – Matriz de confusão do resultado médio da rede neural multicamadas

Predito/ Esperado	Indefinido	Ativo	Teórico	Reflexivo	Pragmático
Indefinido	8,23%	1,63%	0,88%	10,12%	14,13%
Ativo	2,33%	0,92%	0,32%	4,45%	5,32%
Teórico	2,37%	0,78%	0,23%	3,07%	3,55%
Reflexivo	6,07%	2,63%	0,97%	10,48%	14,85%
Pragmático	1,42%	0,23%	0,13%	2,48%	2,40%

Fonte: Próprio autor

Esse resultado mostra que a rede neural não conseguiu encontrar um modelo que permitisse relacionar os dados do comportamento com os estilos de aprendizagem. Apesar do potencial de generalização de classificação da RN, os dados de comportamento obtidos no AVA não foram suficientes para realizar tal classificação.

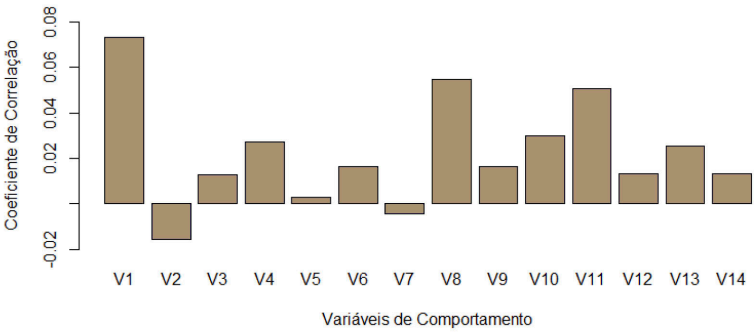
Método de implementação da análise de correlação

Para uma melhor compreensão do relacionamento que está sendo criado entre as diferentes variáveis geradas, utilizamos o método estatístico de correlação linear de Pearson, que, segundo Skinner (2003), corresponde a um coeficiente a ser encontrado que revela um grau de relação entre duas variáveis quantitativas e exprime o grau de correlação através de valores situados entre -1 e 1.

Quando o coeficiente de correlação se aproxima de 1, nota-se um aumento no valor de uma variável quando a outra também aumenta, ou seja, há uma relação linear positiva. E, quando o coeficiente se aproxima de -1, também é possível dizer que as variáveis são correlacionadas, mas, nesse caso, quando o valor de uma variável aumenta, o da outra diminui, sendo esta chamada de correlação negativa ou inversa.

Um coeficiente de correlação próximo de zero indica que não há relação entre as duas variáveis, e quanto mais eles se aproximam de 1 ou -1, mais forte é a relação. A Figura 3 apresenta o valor do coeficiente de correlação linear de Pearson, que buscou a correção entre as variáveis de comportamento e os EA dos alunos.

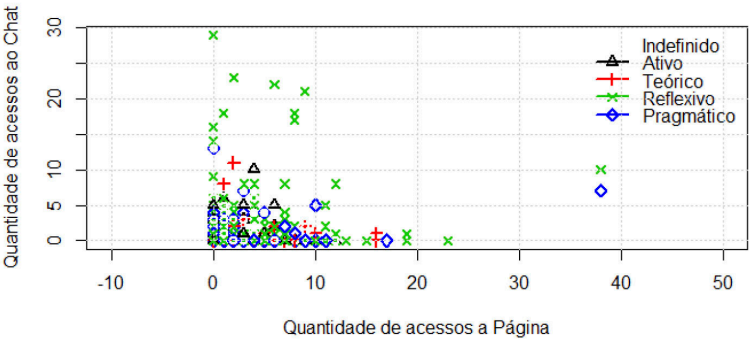
Figura 3 – Correlação entre as variáveis de comportamento e os EA



De acordo com os resultados apresentados na Figura 3, percebemos que, como todas as variáveis apresentam baixa correlação linear com os EA, essas variáveis não são boas preditoras para o estilo de aprendizagem. A maior correlação foi encontrada na variável "quantidade de acesso à página", cujo valor foi 0,073.

A Figura 4 mostra o gráfico de pontos que relaciona as variáveis "quantidade de acesso à página" e "quantidade de acesso ao *chat*" para cada uma das cinco categorias de estilos de aprendizagem. Percebe-se que não há evidências de correlação entre os grupos, ou seja, não apresentam qualquer padrão aparente.

Figura 4 – Diagrama de dispersão entre duas variáveis de comportamento.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da execução da rede neural, por diversas vezes, chegou-se à conclusão de que alguns elementos precisam ser revistos para que se possa elaborar um modelo. Temos, como exemplo, as variáveis de comportamento que são quantidades, mas poderiam ser notas das atividades, tempo de resposta aos recursos, qualidade das interações em fóruns etc. Ou seja, diversificar as variáveis de modo que elas, de fato, identifiquem o comportamento dos alunos. Outra possibilidade é normalizar os dados de forma que fiquem, de fato, comparáveis, ou seja, um aluno pode ter baixa quantidade de acessos a um recurso em relação a outro aluno, contudo, esse número somente reflete o baixo estímulo feito pelo professor com o recurso.

Os resultados não apresentaram valores substanciais para uma precisão ótima da rede neural, no entanto, neste estudo, podemos ressaltar a identificação de alunos que não apresentaram nenhum EA predominante, o que foi classificado como estilo "indefinido", pois suas respostas ao questionário CHAEA 32 não apresentavam nenhum valor considerado como "Muito Alto" ou "Alto" para algum EA.

Outro ponto, objeto da pesquisa e descrito na seção da metodologia era identificar a existência de algum EA predominante para alunos da EAD que desenvolvem suas atividades através de interações com algum AVA. Para essa questão, conseguimos identificar que a maioria dos alunos participantes da pesquisa apresentou o estilo reflexivo como predominante, ficando o estilo indefinido como o segundo mais pontuado. Para isso, foi analisada a situação de 598 alunos, sendo: 224 alunos com o estilo de aprendizagem predominante do tipo Reflexivo, 185 com estilo Indefinido, 76 com estilo Pragmático, 70 com Ativo e 43 com estilo Teórico, como mostra a Figura 1.

Em relação à falta de correção entre as variáveis de comportamento e os estilos de aprendizagem, dentre as muitas possibilidades, podemos destacar três delas, que entendemos como as mais relevantes: respostas do questionário, descritores de comportamento e definição de estilos de aprendizagem.

Resposta do questionário

O questionário CHAEA-32 foi aplicado aos alunos através da plataforma AVA, na qual o aluno realiza o curso EAD em que está matriculado, ou seja, o aluno encontra-se sozinho em frente ao computador, tendo a liberdade de responder da forma que entender, não necessariamente assumindo a responsabilidade de ser verdadeiro nas suas respostas. Essa suspeita ocorre em função de o questionário CHAEA apresentar algumas questões, como a 05, a 06 e a 10, que entendemos ter alto grau de resistência dos alunos em responder negativamente.

Além disso, o questionário visa identificar o estilo de aprendizagem a partir das respostas dos alunos, ou seja, um autorrelato. Contudo, o aluno pode não ter maturidade suficiente para definir o grau exato em que ele aprende um determinado assunto ou conceito através do questionário. A forma como aprendemos é complexa não nos é clara. Isso pode levar o aluno a dar respostas diferentes do que ele realmente aprende.

Descritores de comportamento

Neste trabalho, foram utilizadas 14 variáveis de comportamento. Todos elas referem-se à quantidade de acessos realizados pelos alunos a recursos oferecidos pelo professor nas disciplinas cursadas durante o semestre letivo. É possível que essas variáveis não consigam, de fato, descrever o comportamento dos alunos de tal forma que possam ser identificados como descritores do estilo de aprendizagem. Nesse contexto, o termo "comportamento" segue a definição dada pela Psicologia, para a qual, segundo Cabral (1996), seria um conjunto de procedimentos ou reações do indivíduo ao ambiente que o cerca em determinadas circunstâncias. Dessa forma, percebe-se que "comportamento" é um conceito muito amplo, podendo não ser totalmente caracterizado por um conjunto de variáveis.

Kirschner (2017) afirma que "O comportamento é uma matéria difícil, não porque seja inacessível, mas porque é extremamente complexo. Desde que é um processo, e não uma coisa, não pode ser facilmente imobilizado para observação.".

Assim, o fato de o comportamento apresentar essa complexidade de caracterização contribui para um conjunto específico de variáveis não conseguir "captar" todas as dimensões associadas ao comportamento.

Definição de estilos de aprendizagem

Neste trabalho, adotamos o conceito definido por Alonso *et al.* (2002), que classifica os estilos de aprendizagem com sendo traços cognitivos, afetivos e fisiológicos, que são utilizados como indicadores relativamente estáveis

de como os alunos percebem, interagem e respondem a seus ambientes de aprendizagem. Os autores consideram a existência de quatro estilos de aprendizagem: ativo, reflexivo, pragmático e teórico. Todavia, a rotulagem da forma como um indivíduo aprende em quatro categorias nos parece pouco para captar a complexidade e a variedade de formas de pensar e de adquirir conhecimento (aprendizagem).

De acordo com Kirschner (2017), existe uma grande diferença entre o modo como alguém prefere aprender e o que realmente leva a um aprendizado eficaz, pois a preferência por um método de estudo não é um estilo de aprendizagem. Outro ponto em destaque é que a teoria dos estilos de aprendizagem classifica as pessoas de forma nominal, onde o aluno tende a ter preferência por um ou outro tipo de estilo e não de forma gradual, no qual o aluno inicialmente tende a desenvolver características por um estilo e, no transcorrer do processo educacional, ele desenvolve preferências por mais outros tipos de estilos de aprendizagem.

Olhando por esse lado, ainda não podemos afirmar que alunos que se comportam de uma certa maneira no ambiente educacional pertencem a algum tipo específico de estilo, pois esses seus comportamentos elencados como característicos podem ser redefinidos simplesmente pelo fato de o aluno sofrer alguma influência externa, como uma enfermidade ou uma viagem no transcorrer do processo educacional.

Outro ponto a se destacar é que o uso do autorrelato dos alunos, através do preenchimento do questionário adotado para conhecer seu estilo predominante, foi rotulado como um mau preditor para identificar a melhor maneira que os alunos aprendem, pois nem sempre suas preferências são necessariamente o que é melhor para o seu aprendizado.

Knoll *et al.* (2016) concluem que os estilos de aprendizagem estão associados a aspectos subjetivos da aprendizagem, e não a aspectos objetivos.

CONCLUSÃO

Os estilos de aprendizagem são elementos identificados e caracterizadores da forma como um indivíduo aprende. Sob a óptica educacional, essa informação poderia ser utilizada para facilitar a aprendizagem do aluno, alterando-se o planejamento do ensino, sobretudo no contexto atual de EAD, que se desenvolve em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. O primeiro requisito extremamente necessário é encontrar uma correlação satisfatória entre os estilos de aprendizagem e os padrões de comportamento durante a aprendizagem.

Diversas razões são possíveis para a obtenção desse resultado. O "comportamento" do aluno consiste em algo mais abrangente do que a quantidade de vezes que ele acessou a plataforma e cada recurso. Outros itens poderiam ser incorporados à base de dados, como o resultado de um questionário, o tempo que o aluno levou para respondê-lo, o tempo entre a disponibilização do recurso e a interação do aluno com o recurso. Além disso, o resultado final do aluno, se ele foi aprovado ou não na disciplina e, principalmente, se ele se evadiu, ou seja, deixou de acessar o curso num determinado momento da disciplina, parecem ser fatores que contribuem para a qualificação das bases de dados. Muitas opções podem ser implementadas ao processo, visando ampliar o grupo de variáveis e fazer com que passe a ser possível a construção do modelo.

Ao buscar essa correlação a partir do conjunto de alunos que responderam voluntariamente ao questionário CHAEA, observamos que não há correlação entre esses estilos e as variáveis de comportamento utilizadas no estudo. Essa negativa para a correlação sugere que alguns pressupostos podem não estar sendo atendidos, como a veracidade das informações fornecidas pelos alunos ao questionário, ou o próprio modelo de estilos de aprendizagem que está sendo utilizado, ou, ainda, que os comportamentos descritos no formulário CHAEA não se aplicam a alunos da EAD, tendo que definir novas questões comportamentais específicas de alunos que participam de cursos na modalidade a distância através de interação com recursos e atividades do AVA em uso.

Outra possibilidade que pode ser investigada é o conjunto de variáveis de comportamento que podem ser identificadas para caracterizar, efetivamente, o comportamento.

Além do resultado da análise dos dados do AVA, uma contribuição importante deste trabalho foi o refinamento na atribuição do EA para cada aluno. No processo indicado no trabalho de Vega e Patino (2013), o EA predominante do aluno é aquele cujo valor obtido da soma das respostas é o maior. Já nossa indicação é que isso só seja verdade quando esse valor for classificado como alto ou muito alto; caso contrário, classificamos o EA predominante do aluno como indefinido.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.; FREIRE, T. *Metodologia da investigação em psicologia da educação*. 3. ed. Braga: Psiquilíbrios, 2000.

ALONSO, C. M.; GALLEGO, D. *Aprendizaje y ordenador*. Madrid: Dykinson, 2000.

ALONSO, C. M.; GALLEGO, D. J.; HONEY, P. *Los estilos de aprendizaje:* procedimientos de diagnóstico y mejora. Madrid: Mensajero, 2002.

CABRAL, Álvaro. *Dicionário técnico de psicologia*. São Paulo: Cultrix, 1996.

COELHO NETO, J.; BERNARDELLI, M. S.; PESSOA, M. P.; GUILHEM, M. S.; MALUCELLI, A.; REINEHR, S. O uso das TIC na formação de professores de escolas que obtiveram baixo IDEB. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 22, 2011, Aracaju. *Anais...*, 2011. p. 988-996.

HAYKIN, S. *Redes neurais*: princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

HONEY, P.; MUMFORD, A. *The Manual of Learning Styles*. London: McGraw Hill, 1986.

KEEFE, J. W. Learning style: An overview. *In*: J. W. KEEFE. *Student learning styles:* Diagnosing and prescribing programs 1-17. Reston, VA: National Association of Secondary School Principals. 1979.

KIRSCHNER, P. A. Stop propagating the learning styles myth. *Computers & Education*, v. 106, p. 166-171, mar. 2017.

KNOLL, A. R.; OTANI, H.; SKEEL, R. L.; VAN HORN, K. R. Learning style, judgements of learning, and learning of verbal and visual information. *British Journal of Psychology*, 2016.

MIRANDA, L.; MORAIS, C. Estilos de aprendizagem: o questionário CHAEA adaptado para língua portuguesa. *Revista de Estilos de Aprendizagem*, n. 1, v. 1, abr. 2008.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. *Estatística básica*. São Paulo: Saraiva, 2017.

PIVA JÚNIOR, D.; PUPO, J. R. S.; GAMEZ, L. *EAD na prática:* planejamento, métodos e ambientes de educação online. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SCIKIT-LEARN. Machine Learning in Python. Página inicial. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/index.html. Acesso em: 4 abr. 2019.

SILVA; R. S. *Moodle para autores e tutores*. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Novatec, 2011.

SKINNER, B. F. *Ciência e comportamento humano*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VEGA, M. C.; PATINO, M. C. *CHAEA 32 simplificada:* propuesta basada en análisis multivariantes. 2013. Trabajo de fin de curso (Máster en Análisis Avanzado de Datos Multivariantes) – Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca, España, 2013.

DADOS DOS AUTORES

Roberto Costa (douglas.costa@ifrn.edu.br). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e professor do Instituto Federal de Educação Científica e Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN).

Gustavo Souza (gfontoura@gmail.com). Professor do Instituto Federal de Educação Científica e Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN).

Thales Castro (thalescast@gmail.com). Graduado em Engenharia e Automação da Computação pela UFRN.

Ricardo Valentim (ricardo.valentim@ufrnet.br). Professor associado da UFRN no Departamento de Engenharia Biomédica (DEB) do Centro de Tecnologia (CT) e professor permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação (PPgEEC/UFRN) Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

"QUÍMICA NO CINEMA" – UMA OFICINA TEMÁTICA USANDO O VIDEOPROCESSO COMO FERRAMENTA PARA A APRENDIZAGEM

Rebeca Oliveira dos Santos Ramos

Eluzir Pedrazzi Chacon

RESUMO: Este trabalho mostra a aplicação do videoprocesso como ferramenta motivadora para a aprendizagem de Química em uma oficina temática aplicada em uma escola de formação de professores em Niterói, no Rio de Janeiro. A proposta metodológica envolveu 11 alunos da 1ª, 2ª e 3ª séries do ensino médio, que se voluntariaram para a produção de um vídeo envolvendo experimentos consagrados na literatura, os quais foram utilizados para a criação de efeitos especiais de um filme. Os alunos foram responsáveis pelo roteiro, cenário e a direção do filme, o qual foi editado utilizando recursos gratuitos da internet. O material produzido foi socializado com a comunidade escolar durante a Semana Pedagógica da escola, quando o recurso foi exibido e a química envolvida explicitada. O videoprocesso mostrou-se bastante eficaz na construção de um conhecimento químico mais abrangente, sólido e significativo e no desenvolvimento da autoestima e criatividade do educando.

Palavras-chave: Videoprocesso. Cinema. Oficina temática.

ABSTRACT: This work shows the application of the video-process as a motivating tool for the learning of Chemistry in a thematic workshop applied at a teacher training school in Niterói, Rio de Janeiro. The methodological proposal involved 11 students from the 1st, 2nd and 3rd grades of High School, who volunteered for the production of a video involving experiment in the literature, which were used to create special effects of a film. The students were responsible for the script, setting and direction of the film, which was edited using free resources from the Internet. The material produced was socialized with the school community during the Pedagogical Week of the school, where the resource was exhibited and the chemistry involved explicitly. The video-process proved to be quite effective in building a more comprehensive, solid and meaningful chemical knowledge and in developing the student's self-esteem and creativity.

Keywords: Video-process. Cinema. Thematic Workshop.

INTRODUÇÃO

No dia a dia da sala de aula, o professor enfrenta diversos desafios, seja devido às diferenças socioculturais de seus alunos, seja pela falta de interesse pela matéria de ensino ou mesmo pela mudança comportamental desta nova geração de educandos, que apresenta maior atração pelo mundo virtual e tem acesso rápido à informação. Contudo, muitas vezes o faz sem tempo e/ou vontade de internalizá-la, a ponto de transformá-la em conhecimento. Mas, como superar esses desafios?

Segundo Cury (2012, p. 41)

> As informações se convertem em conhecimento mediante ações que estimulem os estudantes a pensá-las, conectá-las e contextualizá-las, encontrando pontos de aproximação e distanciamento para articular a diversidade dos dados. Conhecimento é, nesse sentido, informação tratada, significada por operações de pensamento.

É nessa conversão apontada por Cury que o professor assume o papel principal de mediador e facilitador da aprendizagem, transformando os espaços pedagógicos em locais de prazer e de descoberta. Segundo a autora, "esse processo de conversão deve se tornar uma prática sistemática e permanente, pois é ele que sustentará a abordagem de problemas complexos" (CURY, 2012, p. 41).

A busca por melhorias no processo de ensino-aprendizagem requer uma reorganização na forma de ensinar, fazendo com que os docentes procurem condições e ferramentas que possam proporcionar uma aprendizagem eficiente e com significado para o educando. Nesse sentido, segundo Pelizzari (2001), para alcançar uma verdadeira modificação da funcionalidade do ensino é preciso que ocorram alterações na forma de ministrar os conteúdos e na escolha das metodologias de ensino, o que possibilitará ao educando não somente saber fazer, como também aprender a aprender.

Dentre as inúmeras estratégias de ensino disponíveis para que o docente estimule seus alunos na construção do conhecimento científico e melhore sua prática pedagógica, está a utilização de recursos audiovisuais na sala de aula. A linguagem audiovisual auxilia na organização de atividades, pois ela faz com que o processo de ensino-aprendizagem inicie por algo que atrai o aluno, antes mesmo de se enunciarem teorias e conceitos, fazendo, segundo Moran (1995), uma modificação do percurso a ser seguido, indo da ação para a reflexão, do concreto para o abstrato. O uso dos vídeos em sala de aula traz uma nova dinâmica para a prática docente, pois estes "são capazes de expressar aspectos culturais, como linguagem, valores e espaços de forma variada e atraente, aproximando conteúdos do universo dos alunos" (CARVALHO; IVANOFF, 2010, p. 40).

Entretanto, uma forma de integrar ainda mais os alunos no processo educativo é propor a produção de vídeos por eles mesmos, o chamado videoprocesso. Esses vídeos podem ser sobre algum assunto específico, sobre a matriz curricular ou sobre algum tema proposto. Nesta perspectiva, o aluno construirá relações e significações, além de estabelecer interações (FANTIN, 2007). O videoprocesso possui uma perspectiva moderna, no sentido de desenvolver linguagens e trazer o lúdico para a sala de aula, de tal forma que uma pequena câmera permite brincar com o mundo real e fazer a interação entre os educandos que estão produzindo o conteúdo e, também, entre eles e o conhecimento. A criatividade e a sensibilidade dos participantes são colocadas em prática durante a construção do recurso, envolvendo-os e integrando-os. Nesse processo, todos aprendem, aqueles que se envolvem com o conteúdo para produzir o roteiro e o cenário; aqueles que dirigem a filmagem ou editam o filme, ou os que assistem o recurso finalizado. Sendo assim, um ensino que envolva esse tipo de abordagem pode proporcionar um aumento da percepção discente sobre a realidade que o cerca e promover o senso crítico e o uso da imaginação.

Pensando nisso, acredita-se que trabalhar o cinema como tema motivador para a aprendizagem de conteúdos de Química, pode ser uma boa estratégia para a sala de aula, pois apresenta diversos aspectos instigantes e envolventes, que podem permitir a abordagem de conceitos e aplicações do conhecimento químico, principalmente, utilizando-se a experimentação na produção de efeitos especiais para um filme. O termo efeito especial pode ser definido como:

> [...] qualquer tipo de elemento visual adicionado ou alterado em uma imagem, ou mesmo qualquer tipo de artefato usado durante a captação das imagens para afetar ou alterar a realidade da maneira como as ações aconteceriam normalmente (MARCIUS, 2007, p. 19).

Há várias categorias para os efeitos especiais. A Química encaixa-se nos efeitos mecânicos e na subcategoria efeitos químicos, que são responsáveis pela produção de sangue artificial, tinta invisível, neve artificial, vidro falso, etc. (MARCIUS, 2007).

Para Melo e Araújo Neto (2017, p. 151) a imagem é essencial ao cinema, sendo esta "um fragmento estático e inerte da realidade, além disso, está sujeita ao sentido desejado pelo seu realizador, o que provoca em seu público uma relação dialética".

> [...] a imagem é plástica, uma vez que representa de maneira unívoca a realidade e maleável ao adquirir um sentido, quando em contato com as demais imagens selecionadas pelo idealizador da obra, abrindo margem para interpretações variadas. A imagem fílmica, portanto estabelece uma inter-relação dialética com o espectador e graças ao seu caráter plástico o promove a um sujeito ativo durante a experiência fílmica (MELO; ARAÚJO NETO, 2017, p.152).

Assim, para trabalhar conteúdos químicos e articulá-los a uma produção de imagens cinematográficas, desenvolveu-se uma oficina temática baseada nos três momentos propostos por Delizoicov e Angotti (1991) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009): a *problematização inicial*, cujo objetivo é provocar nos alunos a necessidade de aquisição de novos conhecimentos para compreender situações reais apresentadas; a *organização do conhecimento*, que é o segundo momento pedagógico, onde os conhecimentos selecionados, necessários para compreensão do problema inicial, são sistematicamente estudados, sob a orientação do professor e, por fim, o terceiro momento pedagógico, denominado *aplicação do conhecimento*, no qual se aborda o conhecimento adquirido pelo aluno, observando-se sua nova interpretação sobre o problema inicial e/ou o estabelecimento de relações entre estes conhecimentos e outras situações problemáticas.

Desse modo, este trabalho, que é um recorte do trabalho de conclusão de curso de licenciatura, tem como objetivo mostrar o desenvolvimento e a aplicação de uma oficina temática elaborada, que envolveu uma revisão de diversos conteúdos da Química na produção de efeitos especiais para a elaboração de um recurso audiovisual através do videoprocesso.

PERCURSO METODOLÓGICO

O presente trabalho foi realizado em uma escola de formação de professores para o primeiro segmento da educação básica, localizada em Niterói, no Rio de Janeiro. Participaram do projeto "Química no cinema" 11 alunos, sendo cinco da 1ª série, quatro da 2ª série e dois da 3ª série. Deve-se ressaltar que uma das alunas participantes da oficina era deficiente auditiva, sendo assim, foi necessária a presença de um intérprete de libras para que fosse possível uma comunicação efetiva. A oficina temática foi realizada em 3 encontros de 2 horas/cada, sendo um total de 6 horas presenciais no contraturno escolar. Seus momentos foram discutidos também virtualmente (*on-line)*, através de um grupo criado no WhatsApp.

A metodologia envolveu as seguintes etapas: (a) escolha dos conteúdos químicos a serem ministrados ou revisados; (b) pesquisa e escolha de experimentos consagrados na literatura que pudessem ser utilizados para a produção dos efeitos especiais no recurso (vídeo) a ser desenvolvido e sua relação com os conteúdos selecionados; (c) elaboração de uma cartilha e dos roteiros experimentais para os ensaios selecionados; (d) elaboração das atividades a serem desenvolvidas em cada uma das etapas da oficina temática; (e) aplicação da oficina e realização de rodas de conversa para a discussão dos conceitos químicos envolvidos; (f) avaliação da metodologia utilizada através de um questionário; e (g) socialização dos resultados.

A oficina temática contou com três momentos metodológicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009). No primeiro momento – *problematização inicial* – foi realizada uma roda de conversa no laboratório da escola, para averiguar a percepção discente sobre a Química e sua relação com o cinema. Duas questões foram levantadas: De que maneira a Química está presente em sua vida? A Química tem relação com o cinema? Nesse momento, discutiu-se a importância do cinema na aquisição de conhecimentos e foram apresentados e discutidos alguns efeitos especiais usados em produções cinematográficas. Em seguida, os experimentos selecionados foram realizados e disponibilizados os endereços eletrônicos onde os mesmos poderiam ser encontrados. Foi dada a tarefa de observar novamente os experimentos e buscar compreender a química envolvida em cada um deles. Para isso, foi entregue a cada aluno um roteiro experimental e, posteriormente, uma cartilha com as explicações dos conteúdos e fenômenos químicos que seriam abordados de acordo com os experimentos selecionados para a gravação do vídeo pelos alunos. As dúvidas que surgiram durante a investigação foram sanadas virtualmente.

No segundo momento da oficina – *aquisição do conhecimento* – foi inicialmente realizada uma roda de conversa, na qual as dúvidas remanescentes sobre os experimentos investigados e sua articulação com os conteúdos

químicos foram discutidas. As reações envolvidas foram explicadas, os conteúdos químicos apresentados e todas as questões relativas aos conceitos trabalhados foram elucidadas. Com o domínio dos experimentos e do conteúdo, os alunos apresentaram suas ideias para a construção do roteiro do filme. Assim, nova experimentação foi realizada e, então, foram filmadas as imagens. O roteiro, a divisão dos papéis, escolha dos personagens e cenários foram discutidos e realizados presencialmente e virtualmente, sempre com o acordo do grupo.

O último momento da oficina – *aplicação do conhecimento* – teve como atividade a gravação dos vídeos: o principal – narrando uma história baseada em uma reportagem assistida pelos alunos e um *making of,* no qual explicavam a química envolvida em cada experimento. Os alunos também responderam um questionário avaliativo para análise da eficácia da estratégia empregada e a metodologia utilizada foi amplamente discutida, de modo a incentivar o seu uso futuramente para a construção do conhecimento de seus futuros alunos, lembrando que os participantes eram professores em formação para o ensino infantil e fundamental I.

A socialização dos resultados foi realizada durante a Semana Pedagógica da escola, que ocorre, anualmente, em outubro, e durante a defesa do trabalho de conclusão de curso de licenciatura de uma das autoras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto foi desenvolvido na mais antiga escola normal do Brasil, localizada em Niterói, que até hoje forma professores para a educação infantil e ensino fundamental I e recebe alunos com necessidades educacionais especiais. Devido ao perfil da escola, buscaram-se trabalhar, além dos conteúdos de Química, a inserção de novas estratégias e ferramentas de ensino-aprendizagem, as quais poderiam proporcionar a construção do conhecimento a partir de temas motivadores e do cotidiano. A proposta foi apresentada às turmas das três séries do ensino médio e a escolha dos alunos foi realizada de acordo com a disponibilidade destes para trabalharem no contraturno escolar, interesse em participar e apresentar o produto na Semana Pedagógica da escola, que ocorre no mês de outubro. O projeto tinha como foco uma oficina temática, que articularia a experimentação e o videoprocesso como ferramentas para a produção de um recurso audiovisual, no caso um vídeo, ao mesmo tempo em que auxiliaria na construção do conhecimento químico.

O tema escolhido para o desenvolvimento da oficina temática foi o cinema, por ser atual, muito presente na vida cotidiana, de grande interesse dos alunos e por permitir a articulação com conteúdos químicos diversos ministrados nas disciplinas de Química. A Química na escola normal tem um currículo mínimo próprio e é ministrada nos dois primeiros anos. Assim, como o grupo era heterogêneo, o envolvimento com os conceitos químicos foi diferenciado, pois para alguns se tratou de uma revisão de conteúdos já estudados, para outros, aprofundamento, e para aqueles que cursavam o primeiro ano, motivação e articulação de saberes.

Cabe ressaltar que as principais características de uma oficina temática apontadas por Marcondes (2008, p. 68-69), foram perseguidas: (1) utilizar da vivência dos alunos e dos fatos do dia a dia para organizar o conhecimento e promover aprendizagens; (2) abordar os conteúdos de Química a partir de temas relevantes que permitam a contextualização do conhecimento; (3) estabelecer ligações entre a Química e outros campos do conhecimento necessários para se lidar com o tema em estudo; (4) estimular a participação ativa dos estudantes na elaboração do seu conhecimento.

Dentre os conteúdos escolhidos para serem trabalhados ou revistos, tem-se: funções inorgânicas; reações químicas – neutralização, decomposição e combustão; indicadores ácido-base; velocidade de reação e fatores que a influenciam; mudanças de estado físico e forças intermoleculares. Escolheram-se 7 experimentos consagrados na literatura (Quadro 1), cuja seleção teve como base os seguintes requisitos: (1) baixa periculosidade, para que pudessem ser manuseados pelos alunos; (2) materiais e reagentes de fácil acesso e baixo custo – os reagentes deveriam ser de uso comum dos alunos para que estes pudessem associá-los ao seu cotidiano; (3) sensibilizar os sentidos – envolver mudança de cor, evolução de gases, mudança de aspecto etc., para que esses efeitos visuais pudessem ser usados na construção de efeitos especiais para um filme (vídeo).

Quadro 1 – Experimentos estudados na Oficina Temática

Experimento	Conteúdo Químico	Referência
Pasta de dente de elefante	Cinética química: velocidade de uma reação	ARROIO, A. *et al.* (2006)
Reação "ativada" pela voz	Funções Inorgânicas: Óxidos	ARROIO, A. *et al.* (2006)
Reação do "semáforo"	Indicadores de ácidos e bases e cinética química	Manual do Mundo, *site*: http://www.manualdomundo.com.br
Garrafa "azul"	Reação de neutralização e indicadores ácidos e bases	ARROIO, A. *et al.* (2006)
Serpente do faraó	Reações de combustão e decomposição	Manual do Mundo, *site*: http://www.manualdomundo.com.br
Tinta "invisível"	Forças intermoleculares	Manual do Mundo, *site*: http://www.manualdomundo.com.br
"Vidro falso"	Mudanças de estado físico e forças intermoleculares	Manual do Mundo, *site*: http://www.manualdomundo.com.br

Fonte: Autoras

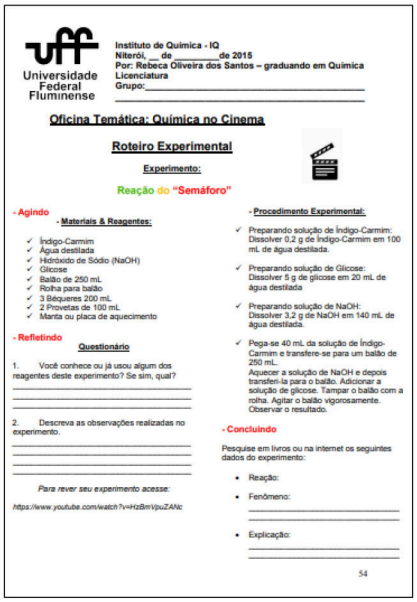
A oficina temática

A oficina temática foi desenvolvida em três encontros presenciais de 2 horas/cada. Cada momento da oficina visava à construção progressiva do saber científico a partir dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema escolhido, o cinema, e os materiais usados nos experimentos, bem como os conteúdos de Química ali envolvidos.

Momento I: problematização inicial

Nesse primeiro encontro, os alunos foram levados para o laboratório de Ciências da escola, onde a problematização foi iniciada. Duas questões que buscavam a percepção dos estudantes sobre a Química e sobre o recurso a ser desenvolvido nortearam a roda de conversa realizada, são elas: "De que maneira a Química está presente em sua vida?" e "A Química tem relação com o cinema?". De maneira geral, os alunos responderam que a Química estava presente em suas vidas e citaram vários exemplos de sua presença e importância, como na manutenção da vida, na limpeza, na produção de medicamentos, nos alimentos, dentre outros. Pôde-se observar, porém, que eles não acreditavam ou pelo menos, não tinham parado para refletir em como a Química estaria presente no cinema. Esse fato tornou a utilização do tema ainda mais interessante. Um debate sobre a importância do cinema na construção do conhecimento geral e científico foi levantado e alguns efeitos especiais utilizados em filmes foram apresentados e discutidos. Em seguida, foram apresentados e realizados os experimentos selecionados para conduzirem a proposta metodológica deste trabalho e disponibilizados os endereços, onde os alunos poderiam encontrá-los e observá-los, conforme mostrado no Quadro 1. Para trabalhar esse primeiro momento da Oficina Temática, foi entregue aos alunos um roteiro experimental para cada ensaio proposto (Figura 1a), que foi dividido em três etapas: Agindo, Refletindo e Concluindo. No roteiro, descreveu-se o material a ser utilizado, o procedimento experimental e algumas perguntas para instigar a construção do conhecimento. Assim, foi dada uma tarefa para ser realizada em casa, que seria observar na internet cada experimento novamente e com auxílio dos roteiros experimentais fornecidos (Figura 1a), verificar as substâncias envolvidas e responder às questões: "Você conhece ou já usou algum dos reagentes deste experimento? Se sim, qual?" e "Descreva suas observações realizadas no experimento". Por meio dessas questões e com a visualização do experimento em um vídeo da internet, procurou-se estimular o poder investigativo dos estudantes para compreender os fenômenos com autonomia, sem o auxílio direto do professor em um primeiro momento.

Figura 1 – (a) Exemplo de um dos roteiros experimentais elaborados; (b) Cartilha


Universidade Federal Fluminense

Instituto de Química - IQ
Niterói, __ de _____ de 2015
Por: Rebeca Oliveira dos Santos – graduando em Química Licenciatura
Grupo:_____

Oficina Temática: Química no Cinema

Roteiro Experimental

Experimento:

Reação do "Semáforo"

- Agindo

- Materiais & Reagentes:

- Índigo-Carmim
- Água destilada
- Hidróxido de Sódio (NaOH)
- Glicose
- Balão de 250 mL
- Rolha para balão
- 3 Béqueres 200 mL
- 2 Provetas de 100 mL
- Manta ou placa de aquecimento

- Refletindo

Questionário

1. Você conhece ou já usou algum dos reagentes deste experimento? Se sim, qual?

2. Descreva as observações realizadas no experimento.

Para rever seu experimento acesse:

https://www.youtube.com/watch?v=HzBmVpuZANc

- Procedimento Experimental:

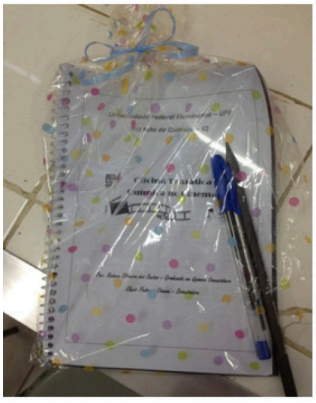
- Preparando solução de Índigo-Carmim: Dissolver 0,2 g de Índigo-Carmim em 100 mL de água destilada.
- Preparando solução de Glicose: Dissolver 5 g de glicose em 20 mL de água destilada
- Preparando solução de NaOH: Dissolver 3,2 g de NaOH em 140 mL de água destilada.
- Pega-se 40 mL da solução de Índigo-Carmim e transfere-se para um balão de 250 mL. Aquecer a solução de NaOH e depois transferi-la para o balão. Adicionar a solução de glicose. Tampar o balão com a rolha. Agitar o balão vigorosamente. Observar o resultado.

- Concluindo

Pesquise em livros ou na internet os seguintes dados do experimento:

- Reação:
- Fenômeno:
- Explicação:

54



Fonte: Autoras

Para encerrar esse encontro, foi realizada uma explicação sobre o que era uma oficina temática e seus momentos, quais deveriam ser as características de um vídeo e a importância da experimentação e do videoprocesso como estratégias didáticas. Esses assuntos eram de grande relevância para esse grupo de estudantes, pois

futuramente poderiam utilizar estas estratégias para promover aprendizagens em suas possíveis turmas no ensino infantil ou fundamental I, já que eram professores em formação inicial.

Momento II: aquisição do conhecimento

O segundo encontro se iniciou com a entrega de uma cartilha contendo uma pequena introdução sobre o cinema, o conceito de oficina temática e a explicação dos experimentos investigados (Figura 1b). Imediatamente, uma roda de conversa foi realizada, na qual os estudantes expuseram suas observações em cada roteiro e puderam tirar suas dúvidas e compreender melhor cada um dos ensaios, confrontando com as explicações contidas na cartilha. Os alunos se mostraram muito empolgados e curiosos acerca dos conteúdos químicos envolvidos em cada ensaio. Também questionaram a existência de outros experimentos de baixo custo, para abordar esses mesmos conteúdos, os quais poderiam algum dia aplicar com seus futuros alunos. Nessa roda de conversa, foi possível realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos em relação aos reagentes utilizados e da química envolvida. Observou-se, primeiramente, que, em sua grande maioria, os alunos conheciam os reagentes que estavam sendo utilizados nos experimentos e vários mencionaram suas aplicações. Esse resultado pode estar relacionado com o fato de alguns reagentes serem de uso doméstico e de fácil acesso. As observações dos estudantes sobre cada experimento possibilitaram momentos de reflexão e estímulo à investigação, através da compreensão dos fenômenos envolvidos.

A roda de conversa teve um papel extremamente importante no processo de aprendizagem dos educandos (Figura 2), pois permitiu momentos de reflexão, de apontamentos importantes e de troca de experiências. Durante as discussões travadas, o professor assumiu o papel de mediador, facilitando a compreensão dos fatos e transformando o espaço pedagógico, como apontado por Cury (2018), em um local de prazer e descoberta. Sanadas todas as dúvidas, os experimentos foram novamente realizados e as imagens gravadas (Figura 2).

Figura 2 – Roda de conversa e explicação dos ensaios e fotos dos experimentos: "Tinta invisível", "Pasta de dente de elefante", "Vidro falso", "Reação ativada pela voz", "Reação do semáforo", "Serpente do faraó" e "Garrafa azul"

Fonte: Autoras

Ao final dos ensaios, cada estudante fez novas anotações em seus roteiros experimentais e a química envolvida em cada experimento foi novamente discutida. Desse modo, foi proposto o desenvolvimento de um roteiro cinematográfico para o filme que seria gravado na próxima etapa. Os alunos apresentaram suas ideias para a construção do roteiro do filme e, após discussões, chegaram à conclusão de que a história a ser narrada seria baseada em uma reportagem assistida por um aluno na televisão, que tratava da ocorrência de uma superbactéria nos hospitais de alguns estados brasileiros. Assim, escolheram as imagens dos experimentos que seriam utilizadas de acordo com a história, indo ao encontro do que apontam Melo e Araújo Neto

(2017, p. 151) sobre a imagem "estar sujeita ao sentido desejado pelo seu realizador", buscando, desse modo, dar sentido ao roteiro proposto.

MOMENTO III: aplicação do conhecimento

Os ensaios das cenas, das falas, o cenário e o figurino, foram realizados nos intervalos das aulas ou nas residências, havendo, a todo momento, trocas de informações e opiniões através do grupo de WhatsApp criado. No terceiro e último encontro, procedeu-se a filmagem de algumas cenas envolvendo os personagens da história (Figura 3). Todos os alunos participaram e se empenharam no processo de produção do recurso. Alguns atuaram, outros desenvolveram figurino, maquiagem ou auxiliaram na composição dos cenários. A participação da aluna com deficiência auditiva mostrou-nos como a utilização de metodologias diferenciadas pode tornar o ensino de Química mais inclusivo. Alguns experimentos envolvidos em algumas cenas foram manuseados e executados pelos próprios alunos. Foi possível perceber a interação entre eles como equipe, visto que alguns nem se conheciam ou eram colegas de classe. Devido à falta de tempo, nem todos os experimentos foram usados na composição deste vídeo, entretanto, dos 7 apresentados para os alunos, apenas 4 foram usados como efeitos especiais para o filme produzido.

Figura 3 – Cenas do filme

Fonte: Autoras

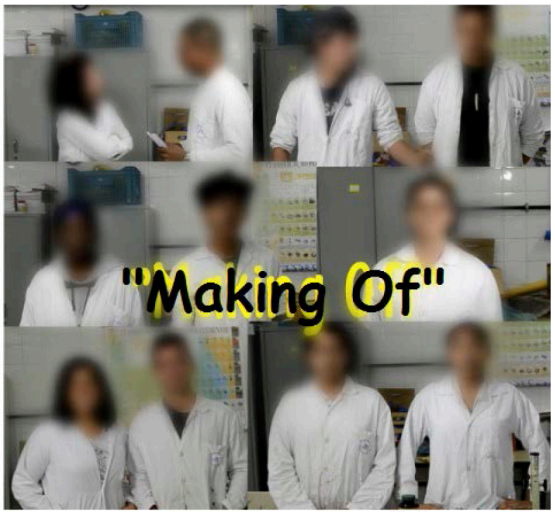
A história narrada no roteiro do filme (Figura 3) trata de uma reportagem sobre a ocorrência de uma superbactéria que infecta os seres humanos tornando-os zumbis. A história se passa em um hospital fictício, chamado Hospital São Paulo, e em um laboratório de pesquisa. No hospital, testes de detecção de pessoas infectadas são realizados. Um desses testes é demonstrado pelo experimento "Reação ativada pela voz", em que o paciente assopra dentro do recipiente com uma solução e, caso esta mude sua coloração, o indivíduo deve ser imediatamente internado. O experimento "Vidro falso" entra na cena em que um dos pacientes ataca a enfermeira, quebrando uma vidraria usada nos testes. O médico ajuda a enfermeira e, acidentalmente, o vidro entra no braço do paciente. Na cena dentro do laboratório de pesquisa, o experimento "Pasta de dente de elefante" representa o primeiro teste realizado pelos pesquisadores na busca pela cura da doença gerada pela superbactéria. Em outra cena no laboratório, o experimento "Reação do semáforo" representa o teste de um medicamento desenvolvido para cura dos doentes.

Ao final da gravação do filme, os alunos produziram vídeos do *making of* dos efeitos especiais (Figura 4) propostos. No *making of* foram relatados os materiais e reagentes utilizados e explicados os fenômenos e conceitos químicos envolvidos em cada ensaio. Os alunos se propuseram a gravar vídeos com a explicação de todos os experimentos apresentados, independente de terem sido ou não utilizados na produção do filme.

Devido à falta de tempo, a edição dos vídeos foi realizada pelas autoras utilizando um programa de edição gratuito da internet[1] e um aplicativo de celular que possibilitou a produção também de um *trailer* do filme, no entanto, durante a edição, buscaram-se as opiniões dos alunos por meio do grupo no WhatsApp.

O filme e o *making of* produzidos têm 3 e 4 minutos de duração, respectivamente.

Figura 4 – Cenas do *making of*



Fonte: Autoras

No último momento da oficina, os alunos também responderam a um Questionário Avaliativo, que buscou fazer um julgamento da metodologia e das estratégias utilizadas.

[1] Programa Wondershare Video Converter, disponível em: https://videoconverter.wondershare.com/br/

A avaliação da metodologia e estratégias utilizadas

A questão 1 buscou analisar se os alunos apreciaram a forma como a oficina temática foi realizada, isto é, os três momentos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco. Os resultados mostram que 91% dos estudantes acharam excelente a proposta e 9% consideraram boa. Na questão 2, buscou-se levantar qual a visão dos estudantes sobre o tema "Cinema e o ensino de Química". Pôde-se observar que 100% dos alunos consideram o tema cinema relevante para ensinar Química, indo ao encontro das principais características apontadas por Marcondes (2008) para uma oficina temática. A questão 3 buscou averiguar a eficácia da estratégia de ensino usada para facilitar a compreensão de alguns conceitos químicos pelos alunos. Os dados apontam que 100% dos alunos consideram que a estrutura elaborada na oficina possibilitou maior compreensão dos conteúdos de Química abordados e permitiu rever conceitos mal compreendidos, além de aguçar a curiosidade. A questão 4 procurou saber se a Oficina ajudou na compreensão da Química. Três respostas que merecem destaque são:

> A oficina contribuiu de maneira eficaz, pois pude perceber que a Química trabalha não só com cálculos e sim com a criatividade do indivíduo. (Aluno 1)

> Ela [oficina] contribuiu muito para meu ensino, pude observar que vários experimentos de química utilizam coisas fáceis, que todo mundo tem em casa, como: óleo, amônia, água etc. (Aluno 2)

> Aprendi coisas na prática. Normalmente nos é apresentada a teoria, mas com a oficina pude ver realmente o que acontece. (Aluno 3)

A questão 5 visava observar como a construção do vídeo poderia ajudar os alunos na aprendizagem em Química. As respostas mostram que essa etapa estimulou a criatividade, o trabalho em equipe, ampliou a visão da Química de forma lúdica e fez a associação dos experimentos com práticas do dia a dia. Já nas respostas dadas à questão 6, que tinha o interesse em saber qual a etapa da metodologia que foi mais interessante na visão do aluno, pôde-se observar um grande destaque para a execução dos experimentos e a gravação das cenas do vídeo.

De um modo geral, os resultados obtidos com a análise das respostas dadas ao questionário apontaram que o trabalho proposto foi executado de maneira adequada e que os alunos gostaram da forma como foram abordados os conteúdos de Química. Assim, acredita-se que esse tipo de metodologia possui um grande potencial para o ensino de Química. Ao utilizar temas de conhecimento comum a todos, o educador cria uma aproximação com a realidade dos estudantes e mostra-lhes que o conhecimento científico está inserido em suas vidas. O recurso audiovisual desenvolvido foi apresentado para a comunidade escolar na Semana Pedagógica e também durante a defesa pública do trabalho de conclusão de curso de licenciatura de uma das autoras, contando com a presença de todos os participantes do projeto, inclusive da professora de Química da escola, que deu todo o apoio à execução deste. Pôde-se observar, durante esse processo e também no seu término, um aumento na autoestima, confiança e motivação para prosseguir nos estudos de cada um dos estudantes envolvidos no projeto. Segundo a professora de Química da escola, houve claramente a percepção da mudança comportamental e de interesse pelas aulas de Química desses estudantes, o que possibilitou uma melhor compreensão dos conceitos e, consequentemente, uma aprendizagem com significado.

Acredita-se que a execução desse projeto foi de grande valia para compor as diversas estratégias de ensino já existentes com papel de auxiliar o professor na construção do conhecimento de seus alunos. Deve-se ressaltar que essa metodologia vem sendo aplicada desde então, por uma das autoras, nas turmas que leciona na escola básica e os resultados são sempre muito motivadores e significativos. O videoprocesso tem cada dia mais se tornado parte do cotidiano da autora em sua prática docente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade é marcada por um avanço tecnológico e científico em grande escala. Mediante isso, as práticas educativas devem acompanhar essa evolução e, para tal, precisam sofrer transformações. Pensando nisso, este trabalho promoveu uma reflexão a respeito da prática docente, por meio da criação de metodologias e recursos que possam auxiliar outros docentes na caminhada rumo a um ensino mais significativo e interessante.

Com os resultados obtidos, observou-se que o uso de oficinas temáticas, com temas do cotidiano, associadas com uma prática experimental é uma forma de estimular o interesse dos alunos e provocar uma aprendizagem com significado.

Através da análise das respostas dadas ao questionário, observou-se que os alunos apreciaram as estratégias de ensino utilizadas na metodologia apresentada e evoluíram conceitualmente dentro da Química. Segundo Chassot (1993, p.

215), o ensino de Química deve ser compreendido como "[...] facilitador da leitura do mundo. Ensina-se Química, então, para permitir que o cidadão possa interagir melhor com o mundo". Desse modo, a fim de alcançar o objetivo proposto por Chassot, a metodologia apresentada neste trabalho, se constituiu um valioso recurso e com grande potencialidade para o ensino de Química, favorecendo e estimulando a criatividade e a busca pelo conhecimento científico.

As etapas da oficina que mais se destacaram na opinião dos alunos foram a execução dos experimentos e a gravação das cenas. Através dos três momentos da oficina temática, pôde-se desenvolver a compreensão de diversos conceitos químicos, promover momentos de *feedback* sobre conceitos mal compreendidos, instigar a curiosidade e o espírito investigativo dos alunos, além de utilizar o videoprocesso para o desenvolvimento da escrita, da fala, da expressão corporal, da criatividade e da socialização.

Analisando o material produzido no *making of*, pôde-se perceber o envolvimento de cada aluno e observar que, mesmo com certa dificuldade, houve a compreensão dos fenômenos químicos estudados. Além disso, os alunos procuraram descrever de forma espontânea e lúdica os ensaios realizados.

Uma das maiores dificuldades encontradas na execução deste projeto foi o fato de todos os participantes da oficina possuírem pouco ou nenhum conhecimento a respeito da língua brasileira de sinais, o que dificultou a comunicação com a aluna deficiente auditiva. Outra dificuldade encontrada foi inserir todos os experimentos no filme produzido, devido ao curto espaço de tempo para a execução de todas as etapas da oficina.

A professora em formação, autora deste trabalho, percebeu, com a execução do projeto, que houve um aumento no estímulo à docência, sentindo-se satisfeita com os resultados obtidos. Verificou, na prática, que é possível motivar os alunos a construírem seu próprio conhecimento e que a sala de aula pode ser um lugar para reflexão, socialização e construção de cidadãos críticos e motivados.

AGRADECIMENTOS

À direção, à professora Ana Beatriz da S. J. Martins e aos alunos do Instituto de Educação Professor Ismael Coutinho.

REFERÊNCIAS

ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; GAMBASDEKKA, M. T. P.; DA SILVA, A. B. F. O show da Química: motivando o interesse científico. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 173-178, 2006.

CARVALHO, F. C. A.; IVANOFF, G. B. *Tecnologias que educam:* ensinar e aprender com tecnologias da informação e comunicação. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

CHASSOT, A. *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Ed. Unijuí, 1993.

CURY, L. Revisitando Morin: os novos desafios para os educadores. *Comunicação & Educação*, v. 17, n. 1, p. 39-47, 2012. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/44901/48531. Acesso em: 2 fev. 2018.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do ensino de ciência*. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. *Ensino de ciências:* fundamentos e métodos. 3. ed., São Paulo: Cortez, 2009.

FANTIM, M. Mídia-educação e cinema na escola. *Teias*, v. 8, n. 15-16, p. 1-13, 2007.

MANUAL DO MUNDO. Disponível em: http://www.manualdomundo.com.br. Acesso em: 2 maio 2018.

MARCIUS, A. F. *Efeitos especiais*. Palhoça: UnisulVirtual, 2007.

MARCONDES, M. E. R. Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. *Em Extensão*, v. 7, p. 67-77, 2008.

MELO, R. V. M.; ARAÚJO NETO, W. N. Reflexões teóricas sobre ensino de Ciências e cinema: aproximações possíveis com a linguagem cinematográfica. *R. Bras. Ens. Ci. Tecnol.*, v. 10, n. 3, p. 145-162, 2017.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. *Comunicação & Educação*, v. 2, p. 27-35, 1995. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131/38851. Acesso em: 2 maio 2018.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. O.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Ver. Pec.*, v. 2, n.1, p. 37-42, 2001.

DADOS DOS AUTORES

Rebeca Oliveira dos Santos Ramos (rebecasantos@id.uff.br). Licenciada e mestre em Química pela Universidade Federal Fluminense. Docente da escola básica.

Eluzir Pedrazzi Chacon (eluzir_pedrazzi@id.uff.br). Doutora em Química Orgânica. Docente do Departamento. de Química Inorgânica e do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Natureza, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

A COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA: FERRAMENTA AO EMPODERAMENTO DE CATADORAS

Viviane Montebello Carvalhosa

Heloísa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves

RESUMO: O objetivo geral do artigo é apresentar uma agenda de trabalho às empresas públicas membros da Rede Rio de Sustentabilidade como forma de ampliação do escopo do Decreto nº 5.940/06 no atendimento dos objetivos 1, 5, 8 e 10 da Agenda 2030 da ONU. Adotou-se a metodologia de estudo de múltiplos casos e a ferramenta QuickTapSurvey. Os resultados apontaram para a falta de informação das cooperadas entrevistadas quanto à autogestão, bem como os preconceitos que sofrem por serem catadoras e mulheres. Na conclusão, encontra-se resposta ao problema de pesquisa: como um programa de CCS poderá contribuir para a sustentabilidade na gestão das cooperativas de materiais recicláveis? A resposta encontrada foi por meio da proposta de criação da Agenda Rede Rio Mulher, com a realização de seminários com os eixos temáticos, além da viabilização de parcerias público-privadas para o aumento da eficiência e da eficácia da agenda proposta.

Palavras-chave: Catadoras. Sustentabilidade. Empoderamento. Autogestão.

ABSTRACT: The general objective of this article is to present an agenda to the public companies that are members of the Rede Rio de Sustentabilidade as a way of expanding the scope of Decree 5940/06 in meeting objectives 1, 5, 8 and 10 of the ONU Agenda 2030. It was adopted the methodology of study of multiple cases and the tool QuickTapSurvey. The results pointed to the lack of information of the cooperative interviewed about self-management as well as the prejudices that they suffer as they are collectors and women. In conclusion, the answer to the research problem is: how can a CCS program contribute to sustainability in the management of recyclable material cooperatives? The response was found through the proposal to create Agenda Rede Rio Mulher with seminars with thematic axes, in addition to making public-private partnerships feasible to increase the efficiency and effectiveness of the proposed Agenda.

Keywords: Pickers. Sustainability. Empowerment. Self-management.

INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos e seu inadequado manejo, o aumento populacional e a crise econômica traduzem-se em crise social e em poluição ambiental, considerando que 18% (35.368 t/dia) do resíduo urbano gerado em 2017 foi lançado de forma indiscriminada em lixões (ABRELPE, 2018).

Nesse contexto, surgiram catadores de materiais recicláveis, que encontram na catação a única alternativa para suprir as necessidades imediatas, dadas as restrições do mercado de trabalho (IPEA, 2013). Em 2016, estimava-se 1 milhão de catadores no Brasil, sendo 700 mil mulheres, com baixa renda, moradoras de periferia, em geral com baixa escolaridade (GAZETA DE VOTORANTIM, 2016).

A economia solidária surgiu no Brasil como uma alternativa inovadora para a geração de trabalho e renda a favor da inclusão social e de justiça social, tendo como principais atores aqueles marginalizados ou insurgentes frente ao sistema capitalista e sendo uma resposta à crise do trabalho (SINGER, 2001).

A coleta seletiva solidária (CSS) foi instituída por meio do Decreto Federal nº 5.940/06, obrigando a separação dos resíduos recicláveis descartados pela administração pública federal direta e indireta na fonte geradora, visando sua destinação às associações / cooperativas de catadores de materiais recicláveis como meio de permitir o desenvolvimento socioeconômico e ambiental (MMA, 2009).

A atividade da catação envolve riscos aos catadores, ao ecossistema e à organização do trabalho cooperativista solidário, devido à ausência de conhecimentos dos catadores referentes ao adequado manejo dos resíduos, da prática da autogestão e dos princípios da cooperação e da tendência a aceitar o trabalho hierarquizado (heterogestão), comum no mercado capitalista (CANÇADO, 2004; OLIVEIRA, 2011).

As consequências por tais desconhecimentos implicam que esses trabalhadores sejam alijados dos direitos trabalhistas, exponham-se a riscos de saúde – em especial as mulheres durante a gestação – e de segurança do trabalho, financeiros e ambientais (IPEA, 2013).

Mesmo com todo apoio técnico e/ou financeiro investido em centenas de cooperativas pelo Brasil, não foi estabelecido um padrão de desenvolvimento equilibrado e eficaz para a categoria. Impor novos direitos e, sobretudo, novos deveres a essa classe de trabalhadores é imprescindível. O desafio está em implementar esses diferentes aspectos simultaneamente. Planos de ação e programas de incentivos, em muitos casos, não implementam ou mesmo desconsideram as diferentes perspectivas. Quando são implantados apenas planos de investimento voltados aos direitos adquiridos, sem prerrogativa de qualquer contrapartida ou resultados por parte das cooperativas, a eficiência do projeto fica comprometida (ARAMIAN, 2017, p.15).

A Rede de Sustentabilidade das Empresas Públicas do Estado do Rio de Janeiro (Rede Rio de Sustentabilidade) foi criada em 2014 e formada pelas instituições públicas das esferas federal, estadual e municipal e dos poderes executivo, legislativo e judiciário interessados em realizar trocas de experiências que contribuam para o desenvolvimento sustentável e para a melhor prestação de serviços públicos. A Rede atua com base nos Eixos da Agenda Ambiental Pública (A3P): 1) uso racional dos recursos naturais; 2) gestão de resíduos; 3) sensibilização e capacitação; 4) qualidade de vida; 5) licitações sustentáveis e 6) construções sustentáveis.

Tendo em vista os riscos anunciados aos catadores e a necessidade de programas socioambientais focados na melhoria contínua da autogestão das cooperativas, a erradicação da pobreza em todas as formas, dimensões e a valorização da categoria de catadores, com foco no empoderamento feminino, o objetivo geral deste artigo é propor uma agenda de trabalho às empresas públicas membros da Rede Rio de Sustentabilidade como forma de ampliação do escopo do atendimento ao Decreto nº 5.940/06 e atendimento aos objetivos 1, 5, 8 e 10 da Agenda 2030 da ONU, de forma a estimular o empoderamento das catadoras e o desenvolvimento sustentável das cooperativas.

Assim, o presente artigo apresenta uma resposta ao seguinte problema de pesquisa: como um programa de CSS poderá contribuir para a sustentabilidade na gestão das cooperativas de materiais recicláveis?

METODOLOGIA

A natureza do estudo foi qualitativa e quantitativa; quanto aos fins, conforme Vergara (2010) foi exploratória, descritiva; quanto aos meios, bibliográfica, estudo de campo com estudo de múltiplos casos (YIN, 2001).

O estudo foi desenvolvido em três etapas: 1) questionário *on-line* à Rede Rio de Sustentabilidade com dez perguntas fechadas; 2) entrevista presencial com aplicação de questionários com as cooperativas, sendo 30 questões, abertas e fechadas; 3) entrevista presencial com aplicação de questionários para três cooperadas de cada cooperativa, sendo este com 29 questões, abertas e fechadas. Para as entrevistas presenciais, realizou-se gravação por meio de aplicativo de celular.

A ferramenta QuickTapSurvey foi usada para elaboração dos questionários com acesso em: https://www.quicktapsurvey.com/pt/ e aplicativo no celular.

A delimitação do estudo foi com cooperativas de catadores de materiais recicláveis que atendessem às empresas formalizadas na Rede Rio de Sustentabilidade e aos critérios de elegibilidade no estudo: até 10 cooperativas, com exclusão daquelas cujas localidades representassem risco iminente ao pesquisador e daquelas situadas fora do município do Rio. O estudo foi realizado no período de julho de 2017 a abril de 2018.

Foram solicitadas autorizações de divulgação dos resultados dos questionários aplicados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados do questionário aplicado junto às empresas públicas pertencentes à Rede Rio de Sustentabilidade

Até a data de 06/07/2017, havia 32 instituições inscritas no eixo de resíduos da Rede Rio de Sustentabilidade e, destas, 18 (56%) responderam ao questionário, conforme Tabela 1. Dentre as que responderam, 89% (16 empresas) informaram que praticavam a CSS em sua unidade e apenas 61% realizaram visita de campo às cooperativas. Tal evidência pode caracterizar a separatividade entre a operacionalização da ação burocrática imposta por um decreto e o cuidado devido por parte do gerador, que, ao negligenciar o local de destino dos resíduos, não atende ao princípio da responsabilidade e passa a ignorar o impacto ambiental local decorrente das ações das cooperativas, dando margem ao risco de um descarte sem sustentabilidade socioambiental.

Foram identificados 14 locais de recepção de recicláveis doados e, após a delimitação proposta na metodologia, foram selecionadas as seguintes cooperativas: COOMUB, REDE RECICLA RIO, COOTRABOM, COOPAMA, COOPERECOLÓGICA, COOPQUITUNGO, COOPFUTURO E COOP BEIJA FLOR. Não foi permitida a divulgação das razões sociais das empresas entrevistadas.

Tabela 1 – Questionário preenchido pelas empresas

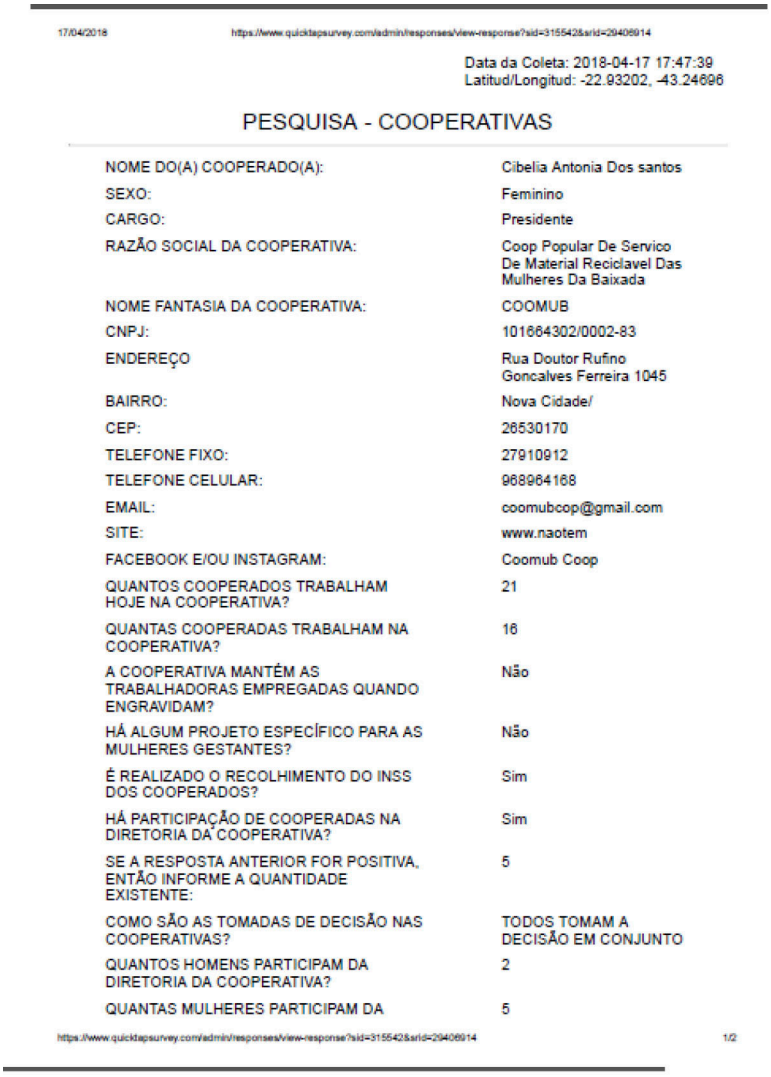
	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C	EMPRESA D	EMPRESA E	EMPRESA G	EMPRESA H	EMPRESA I	EMPRESA J	EMPRESA L	EMPRESA M	EMPRESA N	EMPRESA O	EMPRESA P	EMPRESA Q	EMPRESA R	EMPRESA S	EMPRESA T
A EMPRESA/ INSTITUIÇÃO TEM A COLETA SELETIVA SOLIDÁRIA IMPLANTADA (TOTAL OU EM EM PARTE)?	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EM CASO POSITIVO PARA A PERGUNTA 7, INFORMAR: RAZÃO SOCIAL, CONTATO E ENDEREÇO DAS COOPERATIVAS PARA AS QUAIS DOOU SEUS RECICLÁVEIS NOS ÚLTIMOS 2 ANOS.	NÃO	COOPAMA	NÃO	COMLURB	REDE RECICLA RIO/ COOPERANGEL/ RECUPERAR	COOMUB	SEM CONHECIMENTO	COOPERECOLÓGICA	jardim gramacho(t em 07 Cnpj(s)não lembro qual deles	COMLURB	Cooperativa Central de Iraja - COOPFUTURO/ COOPERATIVA BEIJA FLOR	A COMLURB É QUEM ESCOLHE	RECICLAR	COOPAMA	COOPER RIO OESTE	COOMUB / REDE RECICLA RIO /COOTRABOM /COOPAMA	Rede Recicla Rio e Cooper Ecológica	Cooperativa Céu Azul e Cooperativa Quitungo
EM CASO POSITIVO PARA A PERGUNTA 7, A EMPRESA JÁ VISITOU ALGUMA COOPERATIVA?	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
É PERMITIDA A DIVULGAÇÃO NO PROJETO DE PESQUISA DO NOME DA INSTITUIÇÃO?	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO

Fonte: ferramenta QuickTapSurvey, com o preenchimento *on-line* pelas empresas

Resultados do questionário aplicado junto às cooperativas:

Foi aplicado questionário, conforme a Figura 1, nas oito cooperativas.

Figura 1 – Questionário cooperativas



17/04/2018 https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315542&srid=29406914

Data da Coleta: 2018-04-17 17:47:39
Latitud/Longitud: -22.93202, -43.24696

PESQUISA - COOPERATIVAS

NOME DO(A) COOPERADO(A):	Cibelia Antonia Dos santos
SEXO:	Feminino
CARGO:	Presidente
RAZÃO SOCIAL DA COOPERATIVA:	Coop Popular De Servico De Material Reciclavel Das Mulheres Da Baixada
NOME FANTASIA DA COOPERATIVA:	COOMUB
CNPJ:	101664302/0002-83
ENDEREÇO	Rua Doutor Rufino Goncalves Ferreira 1045
BAIRRO:	Nova Cidade/
CEP:	26530170
TELEFONE FIXO:	27910912
TELEFONE CELULAR:	968964168
EMAIL:	coomubcop@gmail.com
SITE:	www.naotem
FACEBOOK E/OU INSTAGRAM:	Coomub Coop
QUANTOS COOPERADOS TRABALHAM HOJE NA COOPERATIVA?	21
QUANTAS COOPERADAS TRABALHAM NA COOPERATIVA?	16
A COOPERATIVA MANTÉM AS TRABALHADORAS EMPREGADAS QUANDO ENGRAVIDAM?	Não
HÁ ALGUM PROJETO ESPECÍFICO PARA AS MULHERES GESTANTES?	Não
É REALIZADO O RECOLHIMENTO DO INSS DOS COOPERADOS?	Sim
HÁ PARTICIPAÇÃO DE COOPERADAS NA DIRETORIA DA COOPERATIVA?	Sim
SE A RESPOSTA ANTERIOR FOR POSITIVA, ENTÃO INFORME A QUANTIDADE EXISTENTE:	5
COMO SÃO AS TOMADAS DE DECISÃO NAS COOPERATIVAS?	TODOS TOMAM A DECISÃO EM CONJUNTO
QUANTOS HOMENS PARTICIPAM DA DIRETORIA DA COOPERATIVA?	2
QUANTAS MULHERES PARTICIPAM DA	5

https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315542&srid=29406914 1/2

17/04/2018 https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315542&srid=29406914

DIRETORIA DA COOPERATIVA?	
QUAL O SALÁRIO MÉDIO DOS HOMENS QUE TRABALHAM NA COOPERATIVA?	600
QUAL O SALÁRIO MÉDIO DAS MULHERES QUE TRABALHAM NA COOPERATIVA?	600
A COOPERATIVA REALIZA CONTRATAÇÃO DE TRABALHADORES ABAIXO DE 18 ANOS?	Não
A COOPERATIVA EMPREGA TRABALHADORES ACIMA DE 50 ANOS?	Sim
A COOPERATIVA TEM ALGUM TIPO DE PREFERÊNCIA QUANDO DA CONTRATAÇÃO DE UM TRABALHADOR?	TANTO FAZ A IDADE, MAS É PREFERÍVEL QUE SEJA DO SEXO FEMININO
JUSTIFIQUE A RESPOSTA DA QUESTÃO ANTERIOR:	Porque Elas Trabalham Melhor
CITE 3 PRINCIPAIS NECESSIDADES ATUAIS DA COOPERATIVA :	1 - Capital De Giro, 2 - maior Apoio Do Governo Municipal, 3 - Remuneracao Pelo Servico Ambiental Prestado
NO SEU PONTO DE VISTA, QUAIS AS PRINCIPAIS DIFICULDADES ENFRENTADAS AO TRABALHAR COM COOPERADOS? (O QUE SE ESPERA DE UM COOPERADO X A REALIDADE). CITE AO MENOS 3 DIFICULDADES:	1 - Falta De Conhecimento/ Falta De Escolaridade Maioria Analfabeto;

Fonte: QuickTapSurvey

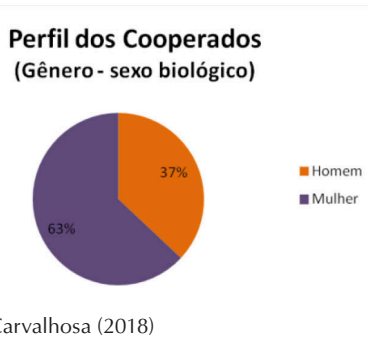
Ao visitar as cooperativas (Figura 2), foram observados descarregamentos de resíduos provenientes de órgãos públicos, com a carga misturada com resíduos orgânicos e envio de materiais não recicláveis ou de baixo valor comercial, que traz prejuízos financeiros diversos às cooperativas. Como exemplo: perda de material reciclável, perda de tempo com limpeza, triagem, gastos com dedetização para eliminação de pragas e vetores, dentre outros. Ficou evidente a necessidade de melhoria de processo de segregação e triagem na fonte geradora e de identificação do que pode ou não ser encaminhado à reciclagem.

Figura 2 – Galpão e cooperados COOMUB

Fonte: extraído de Carvalhosa (2018)

Observou-se que as cooperativas são compostas por 63% de catadoras (de 284 cooperados), conforme Gráfico 1, estando de acordo com o levantamento realizado pelo Movimento Nacional de Catadores e pela Gazeta de Votorantim (2016), que apontam as mulheres como maioria nas cooperativas/associações que predominam na composição das lideranças (58%). Ressalta-se que, para este questionário, simplificou-se a pesquisa com base no sexo biológico (homem e mulher), não ampliando o leque para a pesquisa de identidade de gêneros.

Gráfico 1 – Perfil dos cooperados por sexo biológico



Fonte: Extraído de Carvalhosa (2018)

Observou-se que, em todas as cooperativas entrevistadas, 58% eram de lideranças femininas.

Embora as mulheres representem 63% das cooperativas, foi informado que não havia casos de mulheres grávidas e a maioria declarou que, caso engravidasse, continuaria a trabalhar para a cooperativa. Apenas uma cooperativa informou que não poderia, devido ao fato de o ambiente ser insalubre. Todas informaram não haver programas para gestantes ou de apoio aos filhos das cooperadas.

O salário médio praticado mensal das cooperadas (R$ 943,75) é inferior ao dos cooperados (R$ 961,25), evidenciado pela diferenciação do trabalho executado. 63% das cooperativas informaram que pagam o INSS e que enfrentam dificuldades para o pagamento devido à falta de percepção do que representa aos cooperados e à cooperativa. Porém, foi informado que esse valor flutua conforme o período, já que tem épocas, como Natal e Carnaval, que o salário é maior. Além disso, a maioria das cooperativas disse não fazer distinção de valores praticados entre homens e mulheres.

Um dos questionamentos realizado às cooperativas foi se havia algum tipo de diferenciação ou preferência quando da contratação de um cooperado com relação ao gênero, e 38% informaram que preferiam contratar mulheres, independentemente da idade, em detrimento dos homens. Ao questionar sobre o porquê, as respostas foram que elas têm mais comprometimento com o trabalho, são mais assíduas, executam o trabalho de forma melhor, bebem menos, são "mais família" (e, aqui, entendeu-se, durante a entrevista, que muitas se prendem mais ao serviço e, por isso, são mais assíduas por ter que manter o sustento dos filhos) e porque o maior número de acidentes ocorre com os catadores do sexo masculino.

As necessidades apontadas foram: apoio à gestão (legalização, processo operacional, gestão financeira); ter resíduos mais bem triados; projetos sociais e programa de benefícios (assistência médica, alimentação); adequação da infraestrutura (dedetização, caminhão, manutenção de equipamentos, telhado, organização do pátio, controle de rotas); capacitação e alfabetização; capital de giro; valorização do serviço de coleta com remuneração pelo serviço ambiental prestado; apoio municipal e reforço na segurança.

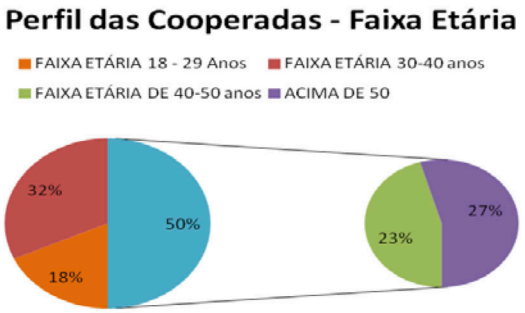
As principais dificuldades identificadas com os cooperados foram: resistência quanto ao uso do equipamento de proteção individual (EPI); falta de pontualidade/assiduidade, de documentos pessoais, de preocupação com higiene pessoal, de comprometimento dos mais jovens, de compreensão dos direitos e deveres;

de escolaridade, de conhecimento sobre o cooperativismo e de visão a médio e longo prazo; a alta rotatividade; a não valorização do serviço que desempenham, o que impacta no funcionamento da cooperativa; a discrepância de produtividade entre os catadores; resistência às regras e à mudança. Outro fato é a necessidade da cobrança pelo serviço ambiental prestado, uma vez a doação dos recicláveis é gratuita e às cooperativas são imputados os custos operacionais (transporte, manutenção, equipamentos, de descartes de inservíveis, dentre outros) e administrativos (impostos, salários, contas diversas). Seria um divisor de águas uma proposta de alteração do decreto e levar essa discussão para dentro da gestão das empresas públicas.

Resultados do questionário aplicado junto às cooperadas:

Foram entrevistadas 22 cooperadas com idade média de 40,7 anos. 50% dos cooperados têm acima de 40 anos, o que se observa na fala dos entrevistados no questionário 2 (Figura 3), ao abordarem a dificuldade de ter cooperados mais jovens atuando na cooperativa (Gráfico 2).

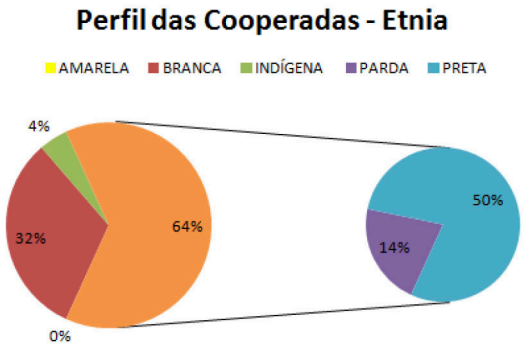
Gráfico 2 – Perfil das cooperadas – faixa etária



Fonte: Extraído de Carvalhosa (2018)

De acordo com o Gráfico 3, 68% são de minorias raciais: negra, parda e indígena, o que demonstra que o índice continua semelhante ao apontado pelo Censo demográfico de 2010 (IBGE).

Gráfico 3 – Perfil das cooperadas – Etnia



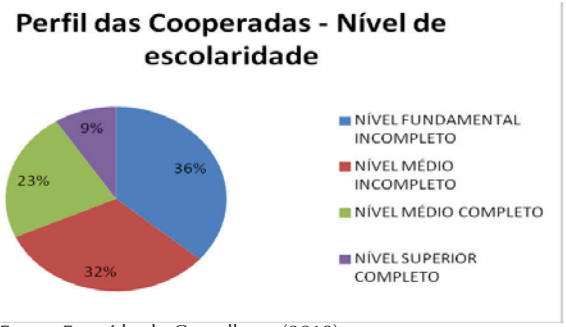
Fonte: Extraído de Carvalhosa (2018)

Como se pode observar, 67% são solteiras, 4% separadas ou divorciadas e 9% viúvas. O que chama atenção é que, dentre as que estão solteiras e separadas, 55% declararam ser essa a única fonte de renda ou a principal fonte de renda da família. E, ainda, ao interligar os dados obtidos, o que se destaca é o expressivo número de mulheres solteiras com filhos, sendo a única fonte de renda (32%), com média de três (3) filhos por cooperada. O processo de exclusão social é notado pelo fato de serem de classes sociais menos favorecidas e pela evidência do machismo impregnado na sociedade, que acabam imputando à mulher a responsabilidade de criar, educar e sustentar os filhos, nítido nas falas das entrevistadas: *"Porque eu preciso de dinheiro para pagar minhas contas"; "Estou desempregada, necessito de dinheiro"; "Porque tenho que sustentar os filhos"*. O testemunho das catadoras sobre o machismo se soma a fala de outras catadoras pelo Brasil, como se pode observar no vídeo disponível no YouTube "The Warrior Within: Empowering Women Waste Pickers".

O nível de escolaridade entre as cooperadas é baixo (Gráfico 4), sendo que 36% não completaram o nível fundamental e 32% não chegaram a completar o nível médio. A baixa escolaridade é apontada pelos representantes das cooperativas entrevistadas como um dos principais problemas para a cooperativa, tendo em vista que isso dificulta o entendimento deles com relação aos direitos e deveres, dificulta o entendimento do cálculo do valor a receber, como funciona o trabalho dentro do sistema cooperativista, dentre outros. Mesmo sabendo ler e escrever, ao menos um pouco, ainda assim pode ser haver algum grau de analfabetismo, o analfabetismo funcional.

A baixa escolaridade faz com que fique mais difícil encontrar empregos formais no mercado de trabalho.

Gráfico 4 – Perfil das cooperadas – nível de escolaridade



Fonte: Extraído de Carvalhosa (2018)

As cooperadas afirmaram residir em casa/apartamento próprio e, ao serem questionadas sobre o tipo de construção, duas catadoras informaram que habitavam casas de madeira e, durante a entrevista, uma afirmou que morava em área de ocupação. Quando se questionou sobre a existência de sistema de esgoto nas residências, algumas não entendiam a pergunta ou não sabiam informar. Dentre as respostas recebidas, 32% informaram não ter sistema de coleta de esgoto em suas residências, enquanto 14% informaram que não tinham sistema de energia elétrica fornecida pela concessionária. Esse percentual pode ser maior, uma vez que algumas moram em área de ocupação. Além disso, 32% afirmaram não ter acesso à internet na residência.

45% informaram ter sofrido preconceito por serem catadoras (Gráfico 5), 32% por serem mulheres e 36% disseram ter sofrido outros tipos de preconceito: deficiência física, mãe solteira, racial e devido à idade. Merecem destaque dois casos identificados de preconceito: o preconceito racial relatado por duas mulheres brancas e loiras dentro da própria cooperativa, por serem diferentes das demais, e também o das cooperadas com nível superior terem citado sofrer preconceito tanto dentro da cooperativa quanto fora por terem nível superior e atuar em cooperativas.

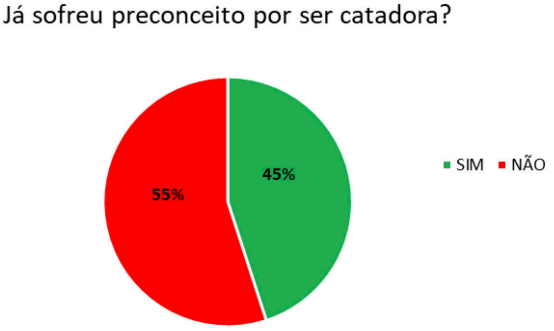
As seguintes falas abaixo evidenciam os preconceitos percebidos durante a entrevista: *"Um dia eu tive que sair corrrendo para resolver um problema no banco e saí do jeito que eu estava na cooperativa, toda suja, quando eu entrei todos me olhavam de cima abaixo, senti o olhar de nojo... A caixa do banco já me conhecia e me tratou super bem, mas aqueles que não nos conhecem, olham diferente".*

"Tem uma semana, uma minha amiga foi atrás de um caminhão que virou mais adiante em frente a uma padaria (que estava suja na porta), aí passou uma senhora e falou que porcaria de sujeita, que nojeira e olhou para mim e para a padaria, me fitou de cima abaixo. Fiquei dividida, ela estava falando de mim ou da padaria?"

"Também teve uma filha de uma amiga minha que soube que eu trabalhava aqui e começou a rir e falou pra minha filha 'ai que vergonha, sua mãe está trabalhando com a coleta'".

Por fim, 23% das entrevistadas informaram que os preconceitos sofridos foram limitantes para execução de seus sonhos e seus desejos e as seguintes falas registram bem os impactos provocados pelos preconceitos praticados pela sociedade: *"Sim, por a gente ser negro, não consegue uma profissão melhor"; "Já tive muitos sonhos... tem mais de 10 anos que tentei voltar ao colégio e não consegui porque não me aceitam".*

Gráfico 5 – Percepção de preconceito por ser catadora

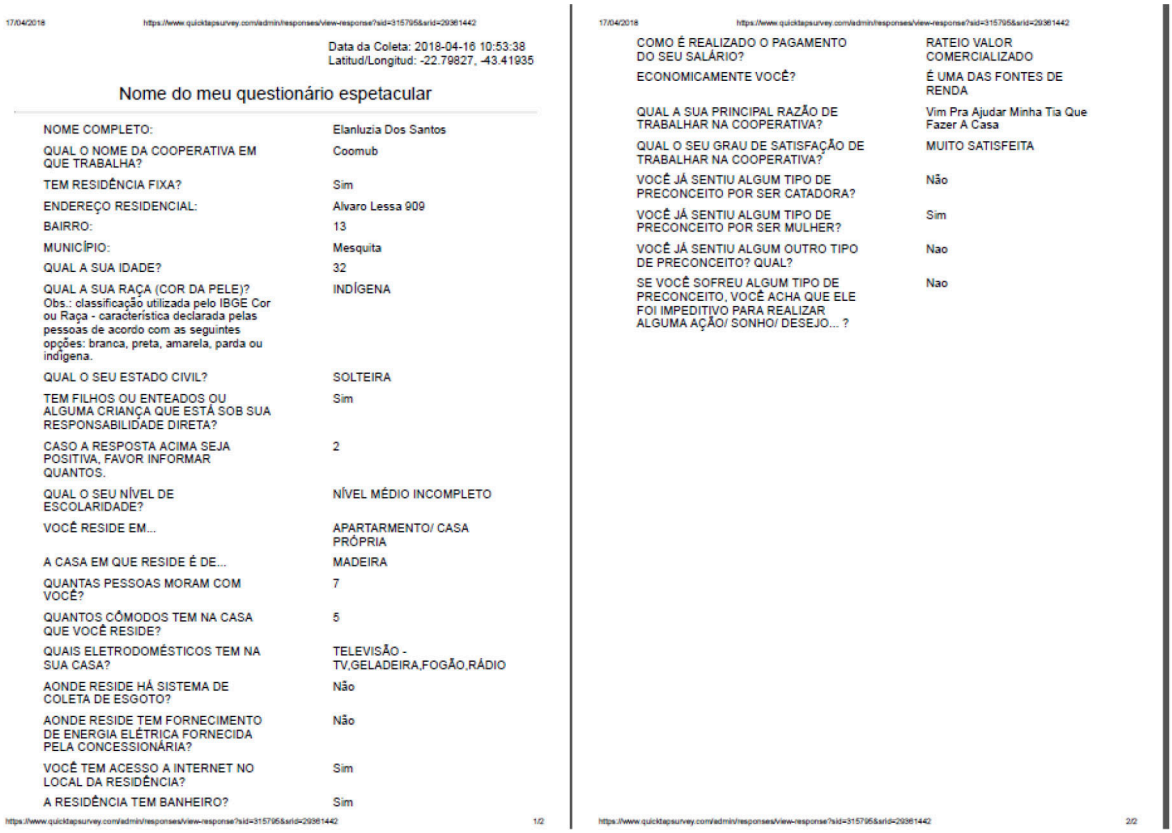


Fonte: Extraído de Carvalhosa (2018)

Com relação à forma de pagamento das cooperadas pelas cooperativas, pelos dados informados, verifica-se que 54% recebem por meio de rateio do valor comercializado, 32% por hora trabalhada e 14% por produtividade medida por cooperado. A justificativa dada pelos representantes das cooperativas para o pagamento por produtividade ou hora trabalhada é que, dessa forma, conseguem fazer com que os cooperados que faltam muito ou que não têm boa produtividade recebam de forma diferenciada e que possam valorizar aqueles que são mais comprometidos e trabalham mais.

Até mesmo entre os catadores não é observada a valorização do serviço e da atividade. A informalidade impera nas relações trabalhistas, o que é ruim para a imagem da cooperativa perante outros atores dentro da cadeia produtiva do gerenciamento de resíduos e todas se mostraram interessadas em conhecer mais sobre gestão da cooperativa.

Figura 3 – Questionário aplicado às cooperadas



17/04/2018 https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315795&srid=29361442

Data da Coleta: 2018-04-16 10:53:38
Latitud/Longitud: -22.79827, -43.41935

Nome do meu questionário espetacular

NOME COMPLETO:	Elanluzia Dos Santos
QUAL O NOME DA COOPERATIVA EM QUE TRABALHA?	Coomub
TEM RESIDÊNCIA FIXA?	Sim
ENDEREÇO RESIDENCIAL:	Alvaro Lessa 909
BAIRRO:	13
MUNICÍPIO:	Mesquita
QUAL A SUA IDADE?	32
QUAL A SUA RAÇA (COR DA PELE)? Obs.: classificação utilizada pelo IBGE Cor ou Raça - característica declarada pelas pessoas de acordo com as seguintes opções: branca, preta, amarela, parda ou indígena.	INDÍGENA
QUAL O SEU ESTADO CIVIL?	SOLTEIRA
TEM FILHOS OU ENTEADOS OU ALGUMA CRIANÇA QUE ESTÁ SOB SUA RESPONSABILIDADE DIRETA?	Sim
CASO A RESPOSTA ACIMA SEJA POSITIVA, FAVOR INFORMAR QUANTOS.	2
QUAL O SEU NÍVEL DE ESCOLARIDADE?	NÍVEL MÉDIO INCOMPLETO
VOCÊ RESIDE EM...	APARTAMENTO/ CASA PRÓPRIA
A CASA EM QUE RESIDE É DE...	MADEIRA
QUANTAS PESSOAS MORAM COM VOCÊ?	7
QUANTOS CÔMODOS TEM NA CASA QUE VOCÊ RESIDE?	5
QUAIS ELETRODOMÉSTICOS TEM NA SUA CASA?	TELEVISÃO - TV,GELADEIRA,FOGÃO,RÁDIO
AONDE RESIDE HÁ SISTEMA DE COLETA DE ESGOTO?	Não
AONDE RESIDE TEM FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA FORNECIDA PELA CONCESSIONÁRIA?	Não
VOCÊ TEM ACESSO A INTERNET NO LOCAL DA RESIDÊNCIA?	Sim
A RESIDÊNCIA TEM BANHEIRO?	Sim

https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315795&srid=29361442 1/2

17/04/2018 https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315795&srid=29361442

COMO É REALIZADO O PAGAMENTO DO SEU SALÁRIO?	RATEIO VALOR COMERCIALIZADO
ECONOMICAMENTE VOCÊ?	É UMA DAS FONTES DE RENDA
QUAL A SUA PRINCIPAL RAZÃO DE TRABALHAR NA COOPERATIVA?	Vim Pra Ajudar Minha Tia Que Fazer A Casa
QUAL O SEU GRAU DE SATISFAÇÃO DE TRABALHAR NA COOPERATIVA?	MUITO SATISFEITA
VOCÊ JÁ SENTIU ALGUM TIPO DE PRECONCEITO POR SER CATADORA?	Não
VOCÊ JÁ SENTIU ALGUM TIPO DE PRECONCEITO POR SER MULHER?	Sim
VOCÊ JÁ SENTIU ALGUM OUTRO TIPO DE PRECONCEITO? QUAL?	Nao
SE VOCÊ SOFREU ALGUM TIPO DE PRECONCEITO, VOCÊ ACHA QUE ELE FOI IMPEDITIVO PARA REALIZAR ALGUMA AÇÃO/ SONHO/ DESEJO... ?	Nao

https://www.quicktapsurvey.com/admin/responses/view-response?sid=315795&srid=29361442 2/2

Fonte: Extraído de Carvalhosa (2018)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados obtidos relativos às cooperativas e às cooperadas não pode ser feita sem mencionar a pesquisa bibliográfica, uma vez que, conforme o estudo realizado pelo IPEA em 2013, ainda se observa, na realidade das cooperativas, a precariedade laboral e a desvalorização da profissão de catador, sentida na forma de preconceito entre a classe e que, mesmo sendo uma atividade de muita importância para a cadeia produtiva com relação ao manejo de resíduos, continua ocupando uma posição marginal na sociedade. Na fala das mulheres entrevistadas e até mesmo de outros catadores que se prontificaram a ajudar com seus depoimentos, o trabalho como catador é visto como uma atividade que só é realizada porque não conseguiram nenhum outro tipo de trabalho e, quando há outra oportunidade considerada melhor, muitos largam até mesmo sem se desvincular formalmente da cooperativa, apenas abandonam o serviço.

Como um programa de CCS poderá contribuir para a sustentabilidade na gestão das cooperativas de materiais recicláveis? Com a efetiva implantação da CSS pelas empresas públicas, com o conhecimento da realidade das cooperativas e com a execução de projetos sociais que visem, efetivamente, à capacitação, à autogestão e à valorização da classe.

Assim, foi sugerida a criação de uma agenda de trabalho participativa: Agenda Rede Rio Mulher, de forma a suprir parte das necessidades identificadas pelas cooperativas e cooperadas e que permitam o desenvolvimento sustentável local, com a promoção do empoderamento e engajamento das catadoras com as propostas abaixo relacionadas.

a) Realizar encontros dos membros da Rede Rio de Sustentabilidade para abertura do debate sobre a necessidade de elaboração do plano de trabalho para estruturação do projeto Rede Rio Mulher. Foram realizadas apresentações sobre o projeto no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, no dia 07/06/2019 (Figura 5), e na reunião de eixo de Resíduos da Rede Rio de Sustentabilidade no INCA, em 17/07/2019 (Figura 4).

Figura 4 – Apresentação do projeto à Rede Rio de Sustentabilidade no INCA

Fonte: arquivo próprio, foto tirada em 17 jul. 2019

Figura 5 – *Folder* do JBRJ

PALESTRAS, OFICINAS E EXPOSIÇÕES SOBRE SUSTENTABILIDADE

Semana do Meio Ambiente no Jardim Botânico do Rio de Janeiro

4 de junho, às 9h30
Oficina e exposição de Artesanato Sustentável, com Alfredo Borret.
Local: Galpão das Artes.

6 de junho
10h - Oficina de Artesanato sustentável, com Fabiana Campos e Claudia Lobo (NERJ Sustentável).
Local: Galpão das Artes

14h - Palestra: CERMA sustentável: os critérios de sustentabilidade nas obras e na manutenção do JBRJ, com Marcelo Ferreira.
Local: Museu do Meio Ambiente. Após a palestra haverá visita guiada pelas instalações do JBRJ.

7 de junho, às 10h
Palestra com Viviane Montebello, da Rede Rio Mulher.
Local: Museu do Meio Ambiente

Veja a programação completa da Semana em **www.jbrj.gov.br**
Endereço: Rua Jardim Botânico, 1008, Rio de Janeiro.
Não temos estacionamento.

Fonte: arquivo próprio, 7 jun. 2019

b) Realizar encontro da Rede com as lideranças das cooperativas para apresentação da proposta de trabalho, com objetivo de uniformização dos interesses e das necessidades, considerando as avaliações, proposições e objeções das lideranças.

c) Como proposta de trabalho, sugere-se a realização de encontro regional de catadoras a ser promovido pela Rede para apresentação da proposta de trabalho e realização de seminários com abordagem dos seguintes eixos temáticos: AUTOGESTÃO – cooperativismo, economia solidária e de comunhão, planejamento financeiro e estratégico, mapeamento de processos, controle de bens patrimoniais; SEGURANÇA DO TRABALHO – gerenciamento de riscos, uso de EPI, insalubridade, manejo de resíduos e produtos químicos, combate a incêndio; HIGIENE E SAÚDE – higiene pessoal, foco no manuseio de resíduos e alimentos e saúde da mulher: ginecologia, psicologia, serviço social, violência contra a mulher, beleza e estética, saúde bucal; MEIO AMBIENTE – gerenciamento de resíduos, logística reversa, impactos ambientais, controle da poluição, controle de pragas e vetores, higienização de caixas d'água; LEGISLAÇÃO – legalização e funcionamento, legislação trabalhista e ambiental. Orientação com relação aos documentos pessoais: identidade, CPF, carteira de trabalho, dentre outros; COMUNICAÇÃO/*MARKETING* – forma de abordagem e *marketing*, uso de mídias sociais e outras plataformas digitais, de forma a auxiliar no posicionamento diante dos demais *stakeholders* e de divulgação e promoção do trabalho das cooperativas; INFÂNCIA E JUVENTUDE – cuidado com filhos, saúde, educação, lazer, alimentação e proposição de atividades educativas; INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA – adequação da infraestrutura conforme legislação vigente, obras sustentáveis nos espaços, disposição do processo produtivo e aproveitamento do espaço; estruturação de logísticas de coleta; OFICINAS PRÁTICAS – proposição de práticas que sedimentem, de forma lúdica, os conteúdos passados. Além disso, realizar controle e monitoramento do projeto a ser adotado, por meio de adoção de indicadores de sustentabilidade, e apoiar programas de alfabetização das catadoras.

Em 14/08/2019, o projeto Rede Rio Mulher, pela NUCLEP, como representante das empresas públicas que compõem o eixo de resíduos da Rede Rio de Sustentabilidade, foi apresentado às lideranças de catadores no 1º Encontro Estadual de Catadores de Materiais Recicláveis – MESC do Rio de Janeiro (Figura 6), na Lona Cultural Municipal Terra, em Guadalupe, com *feedback* muito positivo dos catadores. As lideranças dos catadores demonstraram que o projeto vem ao encontro de suas necessidades e ressaltaram a importância dele para empoderamento das cooperativas, com aprimoramento da autogestão para maior inserção no mercado, e das catadoras, pela luta por direitos iguais e por inclusão social.

Figura 6 – *Banner* do 1º Encontro Estadual Eu Sou Catador

Fonte: arquivo próprio, foto tirada em 14 ago. 2019

Figura 7 – Apresentação do Projeto Rede Rio Mulher

Fonte: arquivo próprio, foto tirada em 14 ago. 2019

Ressalta-se que este pode ser considerado um projeto-piloto, passível de ser estendido para todas as cooperativas do estado do Rio de Janeiro, e que é importante a busca por parcerias público-privadas para o aumento da eficiência e da eficácia do trabalho proposto e dos movimentos de classe para o maior engajamento.

Em outubro de 2019, será previsto novo encontro das empresas públicas para a estruturação do plano de ação e início do Projeto Rede Rio Mulher em 2020.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017*. São Paulo, 2018. Disponível em: http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

ARAMIAN, Clarisse. *Indicadores de sustentabilidade na gestão de cooperativas de catadores de materiais recicláveis*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biossistemas) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2017.

CANÇADO, Airton Cardoso. *Autogestão em cooperativas populares: os desafios da prática*. Universidade Federal da Bahia. 2004. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. Disponível em: http://www.adm.ufba.br/sites/default/files/publicacao/arquivo/airton_cardoso_cancado_-_autogestao_em_cooperativas_populare.pdf. Acesso em: 27 set. 2019.

CARVALHOSA, Viviane Montebello. *A coleta seletiva solidária:* uma ferramenta para o empoderamento feminino? Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2018.

GAZETA DE VOTORANTIM. Mulheres são a maioria entre os catadores de materiais recicláveis. *Gazeta de Votorantim*, Votorantim, ed. 159, abril/2016. Disponível em: http://www.gazetadevotorantim.com.br/noticia/17234/mulheres-sao-a-maioria-entre-os-catadores-de-materiais-reciclaveis.html. Acesso em: 3 jun. 2017.

IPEA. *Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável*. p. 5-9. Brasília, 2013. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacaosocial_mat_reciclavel_brasil.pdf. Acesso em: 2 mar. 2018.

MMA. *Agenda Ambiental da Administração Pública – A3P.* 5. ed. Brasília, 2009. 52p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf. Acesso em: 2 mar. 2018.

OLIVEIRA, Denise Alves Miranda de. *Percepção de riscos ocupacionais em catadores de materiais recicláveis:* estudo em uma cooperativa em Salvador-Bahia. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: https://sat.ufba.br/sites/sat.ufba.br/files/resumo-word_denise_oliveira.pdf. Acesso em: 27 set. 2019.

SINGER, Paul. *Economia solidária:* um modo de produção e distribuição. Texto de palestra organizada pelo CEP/UERJ, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, UERJ/2001.

THE WARRIOR within: empowering women waste pickers. Publicado pelo canal wiegoglobal. 2017. 1 vídeo (6 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=cfSRRqz6PMA. Acesso em: 27 set. 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e Relatório de Pesquisa em Administração.* 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos.* Tradução de Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DADOS DOS AUTORES:

Viviane Montebello Carvalhosa (vivianemontebello@nuclep.gov.br). Mestre em Engenharia Ambiental e controle da poluição (UERJ), especialista em Química Ambiental (Uerj), MBA em Administração com foco em Gestão Ambiental e Sustentabilidade (FGV), cursando Direito Ambiental (PUC) e Engenheira Química (PUC). Nuclebras Equipamentos Pesados S/A (NUCLEP).

Heloísa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves (heloborges@uniriotec.br). Doutora em Engenharia de Produção (Coppe-UFRJ), Mestre em Administração (UFF), especialista em Tecnologia Educacional (Uerj), especialista em Pedagogia Empresarial (Estácio), formada em Matemática (Uerj) e em Pedagogia (Uerj). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

CEFET/RJ