

ARQUITETURA HOSPITALAR SUSTENTÁVEL: O CASO DO HOSPITAL ALEMÃO OSWALDO CRUZ

SUSTAINABLE HOSPITAL ARCHITECTURE: THE CASE OF GERMAN HOSPITAL OSWALDO CRUZ

Regina Márcia Gomes de Oliveira¹
Fernando Guillermo Vázquez Ramos²

Resumo: Diante do cenário contemporâneo, que procura ter um olhar cuidadoso para com o meio ambiente, a arquitetura paulistana poderia pensar em mudanças que contribuam com as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris (alterações climáticas, 2015) e pela Agenda 2030 (desenvolvimento sustentável, 2015). Nesse contexto, a edificação hospitalar se destaca por sua complexidade de funcionamento, com grande impacto no meio ambiente e no consumo de recursos. Nesse panorama, o objetivo deste artigo é apresentar e refletir sobre as inovações com sustentabilidade incorporadas no Hospital Alemão Oswaldo Cruz (HAOC), na cidade de São Paulo. Considerando esta demanda de sustentabilidade, o hospital anuncia estar comprometido com a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), assim como se propôs a atingir certificações importantes do mercado, como o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) em busca de melhores resultados de desempenho. O trabalho analisa a atuação do hospital frente ao desafio da sustentabilidade, apoiando-se em material bibliográfico sobre o meio ambiente e arquitetura sustentável contemporânea; cartilhas e relatórios publicados pelo HAOC para coleta de dados, além de fotos e registros das intervenções realizadas no hospital. O artigo analisa ainda, a aderência das ações do HAOC, com referência às metas do Acordo de Paris e avalia se sua contribuição com resultados favoráveis ao meio ambiente diante do cenário arquitetônico do complexo.

Palavras-chave: Arquitetura hospitalar. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. Desenvolvimento sustentável. Certificações de sustentabilidade.

Abstract: Given the contemporary scenario, which seeks to have a careful look at the environment, São Paulo's architecture could think of changes that contribute to the goals established by the Paris Agreement (climate change, 2015) and the 2030 Agenda (sustainable development, 2015). In this context, the hospital building stands out for its operating complexity, with a great impact on the environment and resource consumption. The objective of this article is to present and reflect on innovations with sustainability, incorporated in the Oswaldo Cruz German Hospital (HAOC), in the city of São Paulo. Considering this demand for sustainability, the hospital announces its commitment in reducing the emission of greenhouse gases (GHG), as well as proposes into achieve important certifications in the market, such as Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) in search for better results of performance. The work analyzes the performance of the hospital in the face of the of sustainability challenge, based on bibliographic material on the environmental and contemporary sustainable architecture; booklets and reports published by HAOC to collect data,

¹ Mestre em Arquitetura e Urbanismo na Universidade São Judas Tadeu. Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Paulista, E-mail: rmgomes09@hotmail.com.

² Coordenador do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Judas Tadeu, São Paulo. E-mail: prof.vazquez@usjt.br.

photos and record the interventions performed at the hospital. The article also analyzes the adherence of HAOC's actions to in reference to the goals of the Paris Agreement and assesses whether its contribution with environment-friendly results because of the complex's architectural scenario.

Key words: Hospital architecture. German Hospital Oswaldo Cruz. Sustainable Development. Sustainability certifications.

Data de submissão: 20.10.2020

Data de aprovação: 18.02.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2558>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2558>).

1 INTRODUÇÃO

O tema do Desenvolvimento Sustentável (DS) vem sendo discutido globalmente, desde a década de 1960, a partir da criação do Clube de Roma (1968), ainda que a popularização do tema só acontecesse no final dos anos de 1980 (PIGA; MANSANO, 2015). Nesse contexto, muitos momentos marcaram a linha cronológica da evolução dos debates, mas, é consenso que alguns foram fundamentais para o entendimento que temos hoje desta problemática, sendo eles: a Conferência de Estocolmo (1972), a publicação do Nosso Futuro Comum, pela Comissão Brundtland (1987), a Rio 92 (1992) o surgimento da ideia da existência de um “Tripé da Sustentabilidade” (preservação da natureza no âmbito social, econômico e ambiental), uma concepção original de John Elkington (2001), em meados de 1990, a Rio+20 (2012) e a 21ª Conferência das Partes (COP21), que resultou no Acordo de Paris (2015). (BRASIL, 2019; LA ROVERE, 2016).

O Acordo de Paris, que foi aprovado por 195 países incluídos na Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), determinou o compromisso de diminuir a emissão de gases do efeito estufa, assim como promover a manutenção do aumento da temperatura média global em menos de 2 graus Celsius acima dos níveis pré-industriais. (LA ROVERE, 2016).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), 30% do gás carbônico (CO₂), um dos gases do efeito estufa, eliminado na atmosfera é proveniente das atividades advindas da construção civil (GOES, 2011). Dentro deste panorama, o edifício hospitalar, no seu funcionamento, é uma edificação que polui o meio ambiente. As caldeiras, ainda existentes em hospitais, produzem vapor e água quente. Além disso, ainda nos dias atuais, são utilizados os sistemas de energia. A recomendação é que se usem o gás natural, ou Gás Liquefeito de Petróleo Butano e Propano (GLP) (KARMAN, 1994). Mas, investimentos deste tipo estão longe dos projetos de remodelação ou modernização de muitos hospitais no país. Contudo, como essas adaptações seriam desejáveis, vale entender melhor os cases que já percorreram esse caminho, para visualizar possíveis soluções viáveis.

O hospital, devido a sua característica de reunir em um único complexo diversas atividades como a indústria, a hotelaria e as ações de saúde propriamente ditas, estipula a arquitetura hospitalar uma tendência intrínseca de se relacionar com práticas ecologicamente corretas como a redução da produção de resíduos, a reciclagem, o uso das águas e o uso de fontes alternativas de energia, a energia limpa

(CARVALHO, 2006). A energia limpa, útil, advém dos recursos naturais, tais como o vento, o sol, a chuva, as marés, que, através da natureza, são renováveis e abastecidos. Ainda que muitas destas fontes energéticas estejam fora do campo restrito de muitos hospitais, a intenção subjacente nas políticas adoptadas para, pelo menos entender, a situação dramática do aquecimento global são as de causar menos problemas e diminuir um pouco mais o impacto ambiental. A energia renovável é uma parte importante e colaborativa da edificação, a nível mundial, agregada a nova tecnologia, para contribuir com a construção duradoura do futuro. (GOES, 2011; CARVALHO, 2006).

Neste estudo de caso, o hospital centenário, HAOC, foi se adequando no decorrer dos anos, desde 1890 até chegar à construção do último edifício, a torre E, em 2012, formando um complexo de acordo com os moldes da arquitetura sustentável do século XXI, que tem a intenção de elevar as questões ambientais (HAOC, 2018).

2 O HOSPITAL ALEMÃO OSWALDO CRUZ E A SAÚDE EM SÃO PAULO

No ano de 1897, o Hospital Alemão Oswaldo Cruz foi fundado pela Associação Hospital Alemão, por um grupo de imigrantes alemães e um Cônsul, para atendimento ao público em geral e à comunidade alemã, para oferecer um serviço de saúde que tivesse o mesmo viés cultural e de hábitos de vida que estavam acostumados (BETTIO, 2007; BERLOFI, 2014).

O hospital atuou em conjunto com as diretrizes governamentais de assistência, participando da evolução das ações de saúde pública, diante do crescimento urbano da época. Assim sendo, alguns feitos do Hospital Alemão Oswaldo Cruz e outros hospitais da cidade se direcionaram, historicamente, ao combate das doenças e epidemias que surgiram nos séculos XIX e XX, as quais atingiam em massa a sociedade paulistana, como por exemplo: a tuberculose, a febre tifoide, a varíola, e o sarampo (HAOC, 2015).

Com a grande vinda de imigrantes no século XIX, a cidade de São Paulo, que já enfrentava problemas de insalubridade e deficiência de saneamento, aumenta ainda mais tais dificuldades e surgem as epidemias resultando, muitas vezes, em óbitos. Doenças que são transmissíveis, como a tuberculose, que matou o maior número de pessoas, seguida da febre tifoide e da varíola, espalharam-se por toda a cidade causando um grande contágio (BASSANEZI, 2014).

Estas epidemias dificultavam o desenvolvimento econômico. Por este motivo, deu-se início a reforma sanitária, surgindo o Serviço Sanitário de São Paulo (TEIXEIRA; ALMEIDA, 2003).

Foi a união de vários destes fatores, como as péssimas condições sanitárias da cidade de São Paulo, ausência das condições e hábitos de higiene, alto número de imigrantes, que ocasionaram as diversas epidemias e, dessa forma, percebeu-se a necessidade dos hospitais mais afastados, visando evitar as contaminações. Para tentar conter a disseminação destas doenças, os doentes seguiam em isolamento nos hospitais que estavam fora da zona urbana e foram tomadas também, medidas de vacinação compulsória. (ALMEIDA, 2003; OLIVEIRA, 1983).

A partir de meados do século XX, a evolução da funcionalidade hospitalar, unida aos aspectos que norteiam o Desenvolvimento Sustentável, fizeram surgir a obrigação de criar ações que aprimorassem a edificação tecnologicamente. Tais ações tinham a finalidade de que as edificações hospitalares não ficassem obsoletas, bem como promovessem a conectividade com seu usuário e apresentassem resultados mais eficazes de desempenho, tornando fundamental práticas de ações mais conscientes

e duradouras, prevendo um futuro ecologicamente correto (ROMERO, 2011).

No século XXI, o cuidado na cura das doenças físicas, junta-se com a preocupação pelo estado emocional e a comodidade do indivíduo (usuário), de forma que o conceito de hospitalidade no edifício hospitalar estende-se ao acolhimento. Se, na década dos anos 1980, destacavam-se a ciência e tecnologia, no século XXI as ações internas do hospital foram ampliadas para um melhor atendimento e o bem-estar do paciente, que passou a ser chamado de cliente, com a implantação da hotelaria hospitalar (BOEGER, 2011).

Conforme ressalta Boeger (2008), Gestor em Hotelaria e Facilities (mão de obra especializada):

Uma das definições mais objetivas de Hotelaria Hospitalar é a seguinte: a Hotelaria Hospitalar é a reunião de todos os serviços de apoio, que, associados aos serviços específicos, oferecem aos clientes internos e externos conforto, segurança e bem-estar durante seu período de internação. (BOEGER, 2008, p.24).

O edifício hospitalar, focado em sustentabilidade, inclui o atendimento a fatores pouco estudados anteriormente, como: ergonomia (mais adequada aos clientes), conforto térmico dos ambientes, uso de cores adequadas para cada tipo de usuário e local do estabelecimento, paisagismo (interno e externo). Esta nova perspectiva de entendimento do edifício hospitalar, unida aos recursos humanos, passou a ser um dos fatores fundamentais na concepção, e manutenção, dos hospitais contemporâneos (BOEGER, 2011).

De acordo com Goes (2011):

O hospital é um dos programas mais complexos a ser atendido pela composição arquitetônica. É um edifício multifacetado, onde interagem relações diversas de alta tecnologia e refinados processos de atuação profissional (atendimento médico e serviços complementares) com outras de características industriais (lavanderia, serviço de nutrição, transportes, etc. (GOES, 2011, p.47).

3 A HISTÓRIA E A CONSTRUÇÃO DO HOSPITAL ALEMÃO OSWALDO CRUZ

A “Associação Hospital Alemão” foi fundada em 1897 pelo Cônsul Honroso da Alemanha Anton Zerrenner, juntamente com a Comunidade de Imigrantes Alemães. A intenção era a construção de uma instituição de saúde para atender as pessoas da colônia alemã e a população local (BETTIO, 2007; BERLOFI, 2014).

Para a construção do Hospital Alemão Oswaldo Cruz foi comprado, em 1905, o terreno com área de 23.550 m² perto da Avenida Paulista. Foram realizadas campanhas para se conseguir iniciar as obras do projeto do hospital, assinado pelo arquiteto alemão Curt Hildebrand. O prédio construído tem características rurais apropriadas para aquela época, possui telhado de telhas de barro, que perduram até hoje (HAOC, 2015).

O HAOC passou por várias etapas de construção, começando pelo primeiro pavilhão, que hoje é chamado de Torre A, até chegar à década de 1980, na qual começaram os investimentos para a renovação e modernização do complexo hospitalar (BETTIO, 2007; HAOC, 2015).

Figura 1 - Imagem do primeiro pavilhão, a atual Torre A, em 1923.



Fonte: HAOC (2017a).

O primeiro prédio teve a sua obra concluída no ano de 1923, iniciando o funcionamento neste mesmo ano, com um total de 50 leitos. A obra deste pavilhão hospitalar contava com uma arquitetura arejada para os padrões da época, pois trazia características das casas de fazenda, com suas janelas altas, fachada avarandada e telhado de telha de barro (BETTIO, 2007; HAOC, 2017a).

Um diferencial do HAOC, destacando a área externa do hospital, em relação a outros hospitais, é o fato de poder ter aproximadamente 300 árvores e outras espécies de flores espalhadas pelos jardins. Sendo que, parte destes jardins formam o bosque “Bem-estar”, uma área voltada ao lazer para pacientes, colaboradores e profissionais da área de saúde, para a prática de atividades físicas e de relaxamento, numa área de 2.000 m² (HAOC, 2015). O antigo pavilhão de 1897 está contemplado na Resolução CONPRESP 22/2002, que trata do tombamento do Bairro da Bela Vista (SÃO PAULO, 2002).

Nos anos de 1980, avançaram em modernização de instalações de sistema de controle eletrônico e centro cirúrgico avançado. Em meados dos anos 1990, foi finalizado, na frente do prédio antigo, o hall principal da entrada e 3 andares de subsolos para o estacionamento, a torre C (HAOC, 2017b)³.

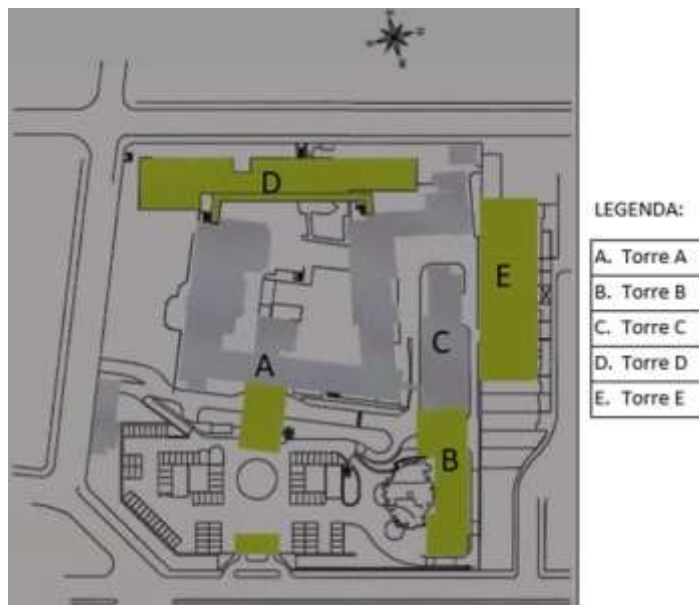
Em 1996, foi concluída a obra subterrânea do Centro de Diagnóstico por Imagem (CDI). No ano 1997, ano do centenário do Hospital, foram finalizadas as obras da Torre C, do novo Hall de acesso e o estacionamento subterrâneo de 3 pavimentos que fica na frente da Torre A (HAOC, 2017c).

O escritório Botti e Rubin, terminou, em 1999, o Edifício de Apoio e Serviços do HAOC e iniciou o projeto de ampliação do hospital, criando o complexo HAOC, a obra foi concluída em 2001. Os mesmos arquitetos realizaram também o Plano Diretor do Hospital. O novo edifício reservado às internações possui 18 andares e heliponto, é a Torre B, inaugurada em 2002. Possui característica contemporânea, com esquadrias em alumínio e pele de vidro, o desenho foi adequado visando respeitar uma árvore nativa centenária. A ligação do edifício ao prédio antigo foi feita por passarelas (HAOC,

³ Ver também a resolução do CONPRESP sobre o bairro onde o hospital se encontra. Afinal, o antigo pavilhão de 1897 está contemplado na Resolução CONPRESP 22/2002, que trata do tombamento do Bairro da Bela Vista (SÃO PAULO, 2002).

2015).

Figura 2 - Implantação do HAOC com sobreposição de desenho esquemático da autora.



Fonte: Adaptado de Revista Projeto (2002).

Figura 3 - Fachada atual do HAOC.



Fonte: Saúde Business (2017).

Em 2006, mais um edifício do complexo foi concluído, a Torre D, com restaurante, área de lazer com espaço verde e área de convívio para os funcionários. Um local pensado para promover o bem-estar dos colaboradores e relacionado à saúde, segurança e ao meio ambiente, temas importantes sobre ambiente saudável de trabalho que, atualmente, fazem parte dos 17 objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

No ano de 2009 iniciou-se a Torre E, um edifício contemporâneo com amplas esquadrias em alumínio e que, em 2012, foi concluída. Inaugurada em 2013, é constituída de 25 andares, sendo distribuídos entre subsolos, internação, Unidade de Tratamento Intensivo (UTI), centro cirúrgico com alta tecnologia e auditório. Essa torre carrega o título de “edifício

verde” exatamente por adotar a linha de crescimento sustentável desde o início da obra. O projeto desta torre teve como foco a sustentabilidade, contando com um projeto que considera a iluminação e a ventilação naturais, gerando conforto ambiental, aperfeiçoamento da gestão hídrica, no qual foi criado o sistema de reuso das águas das chuvas, que são coletadas e ficam armazenadas nos reservatórios, depois são cloradas e utilizadas nas descargas das bacias sanitárias e no sistema de ar condicionado, além de um sistema solar para o aquecimento das águas (HAOC, 2015).

Figura 4 - As 5 torres do Complexo HOAC.



Fonte: HAOC (2019).

Além das adaptações feitas nos prédios antigos e nas novas torres construídas do complexo, o hospital conta ainda com um poço artesiano no interior da construção e uma usina de geração de energia, visando sua autossuficiência energética e um menor impacto ambiental (HAOC, 2018).

Em uma entrevista de 2013, o arquiteto Marc Rubin, relatou a importância da característica das fachadas do hospital, a fachada “caseira”, como ele a chamou, em que todos os quartos possuem varandas voltadas para a orientação solar norte, o que sempre foi mais adequado para estes ambientes, fornecendo ao local mais conforto térmico e, com isto, reduzindo o consumo de energia do ar-condicionado.

O complexo do hospital tem a seguinte setorização (para melhor entendimento dos ambientes do complexo hospitalar):

TORRE A

- Centro de Diagnóstico por Imagem • Centro Especializado em Oncologia • Centro Especializado em Ortopedia • Pronto Atendimento Ortopédico • Nefrologia e Diálise • Ambulatório de Especialidades • Neurofisiologia Clínica • Centro Especializado em Tumores do Cérebro e Coluna • Centro Especializado em Hérnia • Cardiologia • Clínica Médica.

TORRE B

- Centro Cirúrgico • Centro de Intervenção Cardiovascular, Unidades de Internação, Cardiologia não invasiva, Day Clinic, Endoscopia e Colonoscopia • Centro de especialidades e check-up.

TORRE C

- Pronto Atendimento.

TORRE D

- Instituto de Educação e Ciências em Saúde (IECS) • Faculdade de Educação em Ciências da Saúde (FECS) • Escola Técnica de Educação em Saúde (ETES); Centro Especializado em Urologia • Centro Especializado em Cirurgia Robótica; Centro de Atenção à Saúde e Segurança do Colaborador (CASSC) • Unidade de Onco-hematologia, restaurante, Academia e Área de lazer e convivência.

TORRE E

- Internação • Centro Cirúrgico • UTI • Apartamentos do serviço Premium.

O complexo do Hospital Alemão Oswaldo Cruz (Unidade Paulista) tem 96 mil m² de área construída, conta com 306 leitos de internação, mais 44 leitos de UTI e 22 salas para cirurgias.

Figura 5 - Visão panorâmica do complexo do HAOC.



Fonte: MHA Engenharia (2020).

Figura 6 - Torre E vista do pátio interno HAOC.



Fonte: Acervo da autora, 2019.

Figura 7 - Torre E vista do pátio interno HAOC.



Fonte: Acervo da autora, 2019.

3.1 CERTIFICAÇÕES E ACREDITAÇÕES DO HOSPITAL ALEMÃO OSWALDO CRUZ

No século XXI, o HAOC, introduzido no ramo de negócios voltados para a área hospitalar, com impactos próprios, que vão da aproximação aos serviços de saúde ao alto consumo de recursos naturais, tentou um ajuste, criando uma agenda de temas sustentáveis no hospital, a partir da integração de métodos e aspectos ambientais e sociais (HAOC, 2015).

Em 2009, o HAOC recebeu a certificação Joint Commission International (JCI) e, em 2019, novamente e pela quarta vez, recebeu a mesma certificação (JCI). A Joint Commission International é um organismo não governamental de acreditação de instituições ligadas à saúde, que visa aprimorar a segurança e qualidade dos cuidados com os pacientes, avaliando todos os serviços prestados e as instalações do edifício hospitalar (HAOC, 2018; JOINT COMMISSION INTERNATIONAL, 2014).

O HAOC, em 2015, sustentou as ações de controle dos impactos ambientais, com base na ecoeficiência e em pontos importantes como os resíduos, o uso da água e a energia (HAOC, 2015).

A Torre E foi construída de acordo com alguns diferenciais de eco eficiência, como: o sistema solar para o aquecimento de água; o uso das águas das chuvas; uso de minas localizadas no subsolo para utilização das descargas dos sanitários e dos jardins; projeto arquitetônico voltado para abrangente captação de luz solar, para menor consumo de energia e eficiente sistema de climatização com os quartos avarandados e voltados para os jardins; além das vagas especiais para veículos de baixa emissão e baixo consumo (como híbridos) e bicicletário para incentivar toda a prática de exercícios físicos, os quais diminuem riscos de doenças cardiovasculares e, também, causam uma melhoria no fluxo do trânsito da região, além de contribuir com benefícios para as pessoas, com a redução na emissão de CO² (HAOC, 2015).

A obtenção da certificação LEED vinculou-se ao registro do projeto junto ao Green Building Council (GBC), seguido de uma minuciosa auditoria para confirmar a execução dos itens previstos em projeto, seguindo as diretrizes preconizadas pelo manual LEED (HAOC, 2015).

No ano de 2015, a Torre E do HAOC recebeu a importante certificação LEED GOLD de construção sustentável com acreditação ambiental para edificações. O HAOC conquistou a certificação "Leadership in Energy and Environmental Design" (LEED) nível Gold (ouro) na categoria NC (Novas Construções) (HAOC, 2015).

A certificação LEED precisa de 40 a 49 pontos (LEED Certificado), de 50 a 59 pontos (LEED Prata), a pontuação de 60 a 79 (LEED Ouro) e pontuação maior que 80 (LEED Platina), que serão somados por meio de uma combinação de créditos e pode atingir até 110 pontos para medição de desempenho das categorias de sustentabilidade (GBC Brasil, 2019).

O LEED é um certificado chancelado pela organização Green Building Council (GBC), que segue o formato do United States Green Building Council (USGBC), fundado em 1993. O Green Building Council (GBC) certifica as edificações com potencial sustentável, quando comprovados os atendimentos a uma série de pré-requisitos e critérios estipulados pela organização. Conforme o edifício cumpre com os critérios, ele recebe pontos, que no final, somados, classificam o nível de certificação (GBC Brasil, 2019).

Figura 8 - Pontuação e níveis de Certificação LEED.



Fonte: GBC Brasil (2019).

O Hospital Oswaldo Cruz obteve 63 pontos atingindo a pontuação necessária entre 60 e 79 pontos, que está dividida em 7 categorias, a qual lhe rendeu a certificação nível ouro (LEED GOLD) LEED BD + C: Nova Construção v3 - LEED 2009.

A eficácia nas instalações também faz parte dos fatores fundamentais para um hospital saudável.

4 CONCLUSÃO

Mesmo sabendo que não é fácil propor conclusões em um estudo de caso, por se tratar de um exemplo representativo (um hospital referência na cidade de São Paulo), a análise apresentada demonstra que o Complexo do HAOC, busca tratar a arquitetura do edifício em comunhão com as metas do Acordo de Paris, comprometendo-se em diminuir a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) e, buscando proteger o meio ambiente, procurando por bons resultados de desempenho, o que é de fundamental importância para reduzir o impacto ambiental de construções desta complexidade no futuro. Apresentando, um caminho possível a ser seguido por outros equipamentos do mesmo tipo.

A sustentabilidade aplicada na arquitetura hospitalar do HAOC mantém um olhar voltado para a redução de consumo de energia e de água, que são elementos de atenção nos relatórios anuais do hospital relacionados às questões ambientais, com a obtenção de eco eficiência do sistema solar para o aquecimento de água e gerador de energia limpa, a criação do sistema de reuso das águas das chuvas, que são coletadas, tratadas e reservadas para usos diversos. O último edifício do complexo hospitalar teve o título de “edifício verde”, porque adotou, desde o início da construção, uma linha de evolução sustentável, com ambientes projetados para uma boa iluminação e ventilação naturais, propiciando conforto ambiental adequado, em ambientes que podem ficar abertos, sem o uso constante ar-condicionado, voltado para um belo jardim com várias espécies centenárias. Todas estas características, somadas às ações que envolvem o conceito de hospitalidade, proporcionando acolhimento e humanização, tornam o hospital um ambiente de sustentabilidade duradouro.

O HAOC possui certificações necessárias para poder ser considerado um edifício saudável e sustentável, conforme resultou no recebimento do LEED GOLD no ano de 2015, demonstrando a possibilidade de um estabelecimento de saúde, mesmo sendo um edifício considerado poluente pela sua complexidade, conseguir reduzir seus impactos ambientais. Nesse contexto, o hospital criou ações voltadas para uma conscientização de responsabilidade social e sustentável, conforme informações adquiridas junto ao estudo de caso. No HAOC fica evidente, pelos resultados obtidos, que é o caminho mais adequado, tanto do ponto de vista empresarial (pela evidente redução de custos e o aumento no bom relacionamento com os pacientes, funcionários parceiros e fornecedores), como do ponto de vista global (com uma adequada resposta à problemática do aquecimento global, o favorecimento pelas fontes de energia renováveis e, sobretudo, pela adequação aos enunciados do “Tripé da sustentabilidade”). Parece bastante factível pensar que é um caminho possível, e, que poderá ser trilhado por outras instituições hospitalares de São Paulo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. **República dos invisíveis**: Emílio Ribas, microbiologia e Saúde Pública em São Paulo (1898-1917). Bragança Paulista: Edusp; 2003.

BASSANEZI, M. S. C. B. Imigração e mortalidade na terra da garoa. São Paulo, final do século XIX e primeiras décadas do século XX. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 19., 2014, São Pedro, SP. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2014. p. 1-18. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/issue/view/38>. Acesso em: 29 set. 2020.

BERLOFI, L. M. **Caracterização e organização da força de trabalho de enfermagem do hospital alemão Oswaldo Cruz no contexto da segunda guerra mundial**. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, 2014.

BETTIO, M. **Análise do impacto da acreditação hospitalar no processo de planejamento e qualidade na gestão do Hospital Alemão Oswaldo Cruz**. 2007. 91 f. Trabalho de Conclusão (Bacharel em Administração) – Departamento de Ciências da Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BOEGER, M. A. **Gestão em hotelaria hospitalar**. São Paulo: Atlas, 2008.

BOEGER, M. **Hotelaria Hospitalar**. São Paulo: Manole, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 12 out. 2019.

CARVALHO, A. P. A. **Quem tem medo da arquitetura hospitalar?** Salvador: Quarteto; FAUFBA, 2006.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. Tradução ao português de Patrícia Martins Ramalho. São Paulo: Makron Books, 2001.

GBC BRASIL. **Compreenda o Leed**. São Paulo: Green Building Council, 2019. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/docs/leed.pdf>> Acesso em: 23 set 2019.

GOES, R. **Manual Prático de Arquitetura Hospitalar**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

HAOC. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. **Complexo Hospitalar**, 2019. Disponível em: <https://www.hospitaloswaldocruz.org.br/o-hospital/complexo-hospitalar>. Acesso em: 01 mar. 2020.

HAOC. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. **Relatório de sustentabilidade, 2018**. Disponível em: https://relatoweb.com.br/haoc/2018/190925a/pdf/HA_OswaldoCruz_2018_PT.pdf. Acesso em: 17 dez. 2019.

HAOC. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. **Relatório de sustentabilidade, 2015**. Disponível em: <https://www.hospitaloswaldocruz.org.br/wp->

<content/uploads/2017/02/HAOC-Relatorio-Anual-2015.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.

HAOC. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. **Relatório do HAOC**, 2017a. Disponível em: <https://www.hospitaloswaldocruz.org.br/o-hospital/historia.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

HAOC. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. **Releases**, 2017b. Como consta nos registros Disponível em: <https://www.hospitaloswaldocruz.org.br/imprensa/releases/185-anos-de-imigracao-alema-no-brasil-o-hospital-alemao-oswaldo-cruz-faz-parte-dessa-historia.pdf>. Acesso em: 21 set 2020.

HAOC. Hospital Alemão Oswaldo Cruz. **Sobre-nós**, 2017c. Disponível na história do hospital em: <https://www.hospitaloswaldocruz.org.br/sobre-nos.pdf>. Acesso em: 21 set 2020.

JOINT COMMISSION INTERNATIONAL (JCI). 2014. Disponível em: https://www.jcrinc.com/-/media/deprecated-unorganized/imported-assets/jcr/default-folders/items/ebjih14b_sample_pagespdf.pdf?db=web&hash=22513968F3BD3D7653E69A96EFAC5%20234.pdf. Acesso em: 22 set. 2020.

KARMAN, J. **Manutenção Hospitalar Preditiva**. São Paulo: Pini, 1994.

LA ROVERE, E. L. **O Brasil e a COP-21**. Rio de Janeiro: Die, 2016. v. 1. Disponível em: http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/O_Brasil_e_a_COP-21_-_Emilio_La_Rovere.pdf. Acesso em: 17 maio 2019.

MHA Engenharia. **Hospital Alemão Oswaldo Cruz**, 2020. Disponível em: <https://w3.mha.com.br/wp/portfolio/hospital-alemao-oswaldo-cruz-5/>. Acesso em: 01 mar. 2020.

OLIVEIRA J. L. **Contribuição para a história da Saúde Pública paulista**. 1986. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1986.

PIGA, T. R.; MANSANO, S. R. V. Sustentabilidade ambiental e história: uma análise crítica. **Perspectivas contemporâneas**, v. 10, n. 2, p. 174-195, 2015.

PROJETO. Botti Rubin Arquitetos Associados: Hospital Alemão Oswaldo Cruz, São Paulo. **Projeto** (online), São Paulo, 29 dez. 2002. Disponível em: <https://revistaprojeto.com.br/acervo/botti-rubin-arquitetos-associados-hospital-alemao-29-11-2002/>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ROMERO, Marta Adriana Bustos (org.). **Tecnologia e sustentabilidade para a humanização dos edifícios de saúde**: registro do curso de capacitação em arquitetura e engenharia, aplicado à área da saúde, hemoterapia e hematologia. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2011.

SÃO PAULO (Cidade). Resolução Secretaria Municipal de Cultura - SMC/CONPRESP nº 22 de 13 de dezembro de 2002. **Diário Oficial da Cidade**, São

Paulo, p. 10, 14 dez. 2002. Disponível em:
<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/resolucao-conselho-municipal-de-preservacao-do-patrimonio-historico-cultural-e-ambiental-da-cidade-de-sao-paulo-conpresp-22-de-13-de-dezembro-de-2002//detalhe>. Acesso em: mai. 2020.

SAÚDE BUSINESS. **Hospital Alemão Oswaldo Cruz anuncia nova marca**, 2017. Disponível em: <https://saudebusiness.com/mercado/hospital-alemao-oswaldo-cruz-anuncia-nova-marca/>. Acesso em: 01 mar. 2020.

TEIXEIRA, L. A.; ALMEIDA, M. Os primórdios da vacina antivariólica em São Paulo: uma história pouco conhecida. **História, Ciências, saúde, Manguinhos**, v. 10, Supl. 2, p. 475-98, 2003. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702003000500003>.

CEM ANOS DE HISTÓRIA DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL PELA ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS

A HUNDRED YEARS OF THE HISTORY OF PHYSICS TEACHING IN BRAZIL BY TEXTBOOK ANALYSIS

Daniel Perdigão¹
Michelle Zampieri Ipolito²

Resumo: A análise de livros didáticos é representativa do sistema educacional, pois os livros são a base do conteúdo escolar efetivo. Este estudo analisou qualitativamente 44 coleções de livros didáticos de Física, utilizados na escola secundária brasileira nos últimos cem anos. Foram observados os aspectos característicos das coleções e suas ênfases curriculares, referentes à forma de abordar os temas. Os objetivos foram identificar eventos históricos como causadores de mudanças no ensino de Física e estudar a transposição didática presente nesses livros ao longo do tempo. Foi possível estabelecer sete eras paradigmáticas para os livros, bem como os eventos de ruptura. As rupturas resultaram mais de ações do Poder Executivo do que de decisões do Legislativo. A transposição didática variou em cada período. Na década de 1920, valorizavam-se práticas técnicas e experimentais contemporâneas. Entre as décadas de 1930 e 1950, observou-se recuo a um cientificismo descolado da prática científica. Nos anos 1960, o conteúdo diminuiu e a variedade de ênfases aumentou. Nas décadas de 1970 e 1980, nova redução de conteúdo, visando preparar para os vestibulares. Em fins da década de 1980, inicia-se uma transição, com adaptação dos livros existentes. Em fins dos anos 1990, novidades, como LDB, parâmetros curriculares e Enem, dirigiram o ensino de Física à formação de competências. Alterações do Enem em 2009 levaram à apresentação de ciência útil e contextualizada, com reforço conteudista. Novas ênfases curriculares no ensino de Física brasileiro poderão ser resultado da adoção da Base Nacional Comum Curricular.

Palavras-chave: Ensino médio. História do ensino de Física. Livros didáticos.

Abstract: The analysis of textbooks is representative of the educational system, since books are the basis of an effective school content. This study analyzed qualitatively 44 collections of Physics textbooks used in the Brazilian secondary school in the last hundred years. The characteristic features of the collections were observed, together with their curricular emphases, regarding the way to approach the themes. The goals were to identify historical events that have caused changes in Physics education and to study the didactic transposition present in these books over time. It was possible to establish seven paradigmatic eras for the books, as well as the rupture events. The disruptions resulted more from actions of the Executive branch than from Legislative decisions. The didactic transposition varied in each period. In the 1920s, contemporary technical and experimental practices were valued. Between the 1930s and 1950s, there was a retreat to a scientism detached from the scientific practice. In the 1960s, the contents decreased, and the variety of emphases increased. In the 1970s and 1980s, there was a new reduction in the contents, focusing on the preparation for the

¹ Doutor em Ensino de Ciências. Professor da Universidade de Brasília, E-mail: perdigao@unb.br.

² Doutora em Ciências. Professora da Universidade de Brasília, E-mail: ipolito@unb.br.

college entrance exams. At the end of the 1980s, a transition began, with the adaptation of the existing books. In the late 1990s, novelties, such as LDB, curriculum parameters and the exam Enem, have directed the teaching of Physics to the formation of skills. Alterations in the exam Enem, in 2009, have led to the presentation of useful and contextualized science, with content reinforcement. New curricular emphases in the Brazilian Physics education may be the result of the adoption of the National Common Curricular Base..

Key words: High school. History of Physics education. Textbooks.

Data de submissão: 23.04.2020

Data de aprovação: 17.05.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2502>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2502>).

1 INTRODUÇÃO

A história do livro didático começa no século XV, com o surgimento da prensa móvel. A possibilidade de impressão em larga escala foi o que permitiu ao livro aumentar o seu alcance e passar a ter um propósito educacional. Embora o livro didático siga sendo, na maioria das vezes, um material impresso, seus objetivos mudaram muito ao longo dessa trajetória multissecular (JIMÉNEZ; PERALES, 2001).

Os livros didáticos se apresentam com três perfis históricos, não mutuamente excludentes. O primeiro perfil se assemelha, em método e estrutura, à literatura religiosa: perguntas e respostas de saberes seculares, mas remetendo à técnica de catequização. O segundo perfil é o de uma literatura técnica que vai sendo adaptada para se inserir no sistema escolar. O último é o de uma literatura descompromissada, de lazer. Por isso, inicialmente, não se via sua adesão ao ambiente escolar, mas, recentemente, teve alguns de seus aspectos adotados na Educação (CHOPPIN, 2004).

Porém, os livros didáticos não são objetivos ou factuais. São produtos culturais resultantes de complexas interações entre agentes econômicos e sociais. Ou seja, os livros didáticos são o resultado material de conflitos sociais, colaborando para converter as posições do grupo mais forte em hegemônicas ou permanentes (MACEDO, 2004). Portanto, o livro didático se associa às ambições dos poderes vigentes, sejam religiosos, políticos ou econômicos.

A aura de “verdade” que nossa sociedade atribui à palavra impressa desde os tempos de Lutero pode justificar esse interesse por dominar os manuais escolares. Em particular, o Estado tem o poder de estabelecer e regular o sistema educacional, permitindo sua interferência direta no conteúdo e na distribuição desse gênero de livros, algo que não costuma ser possível, no mesmo grau, para outros gêneros literários (BITTENCOURT, 1993).

Note-se que há um currículo acadêmico, escrito, e outro currículo prático. O discurso do currículo escrito sob as determinações do Estado mostra apenas a lógica projetada para legitimar a forma de escolaridade escolhida. Conseqüentemente, este currículo escrito não vai além de um testemunho público, cuja variação na prática seria não apenas possível, mas previsível (GOODSON, 2008). Essa variação é promovida por estudantes e professores, com base no livro didático.

Mesmo que alguns professores não usem livros didáticos na sala de aula, eles os consultam para obter orientação sobre o que ensinar e como ensinar, estabelecendo-se o manual escolar como a referência mais consultada por discentes e docentes na prática (GATTI, 1997; MORTIMER, 1988). Nesse contexto, o livro didático seria um instrumento mais próximo do currículo prático do que do currículo teórico. Em outras palavras, o livro didático é a base do conteúdo escolar efetivo. Daí a necessidade de o Estado também precisar controlar o livro didático para poder controlar, de fato, o processo educacional.

Em alguns casos, há participação dos professores na escolha dos livros. Em uma análise superficial, isso significaria dizer que os docentes também exercem influência no seu conteúdo. Trata-se de uma conclusão precipitada: os professores não entram em contato direto com os aspectos mais profundos da relação entre a educação e seus efeitos, exceto em casos excepcionais (CHERVEL, 1990).

Por todas estas razões, a análise de livros didáticos é representativa do sistema educacional, podendo gerar grande quantidade de informações de valor para pesquisas acadêmicas (CORRÊA, 2000), não somente na área de Educação, mas também para Economia, Política, Sociologia, Antropologia, História, entre muitas outras.

É com esta visão transdisciplinar que propusemos o presente trabalho. Buscamos elementos nos livros didáticos utilizados no Brasil, ao longo dos últimos cem anos, que mostrassem as influências externas que sofreram, fazendo emergir os principais atores da trajetória da educação brasileira. Optamos pela análise de livros de Física, pois, em tese, estariam menos sujeitos às influências ideológicas de ocasião do que livros de disciplinas mais sensíveis, como História ou Geografia.

Embora trabalhos históricos sobre a educação brasileira do último século não sejam, de forma alguma, inéditos, buscamos inovar na forma de identificar os fatos relevantes, associando-os às mudanças que iam aparecendo, período a período, nos livros didáticos de Física secundária utilizados no Brasil nesse período. Um de nossos objetivos foi o de identificar eventos históricos como causadores de mudanças no ensino de Física no Brasil por meio da análise dos livros didáticos adotados no período. Com isso, poderemos avaliar, qualitativamente, o grau em que a Física escolar é influenciada pelas leis e pelas decisões de governo.

A emergência das Ciências foi fundamental para chegarmos ao atual estágio de nossa civilização, em evento tão notável que se convencionou chamá-lo de Revolução Científica (VELHO, 1999). O saber científico foi conquistando caráter de autoridade na sociedade, a ponto de criar a necessidade de uma formação científica na escola (WUO, 2000). Porém, apenas no início do século XX as Ciências conquistaram tal posição, passando a fazer parte do processo de admissão para as universidades (MATHIS, 1977) e, com isso, sendo inseridas como conteúdo curricular da educação básica.

Essa inserção é interpretada como a transposição didática do conhecimento científico da Física ao respectivo conhecimento escolar em livros (CHEVALLARD, 1991; ASTOLFI; DEVELAY, 1990), devendo se dar dentro de certos parâmetros. Essa conversão ou simplificação não pode ser tão intensa de modo a romper as conexões da Física escolar com os fenômenos físicos. Também não pode ser tão tênue e sutil a ponto de manter a Física abstrata e indecifrável para estudantes secundaristas, que, pela universalidade do nível médio, possuem os mais diversos interesses.

Dessa percepção, emerge outro objetivo para este trabalho: estudar a recontextualização ou transposição didática presente nesses livros. Afinal, as mudanças nos livros didáticos de Física ao longo do tempo refletem as mudanças nos

objetivos da educação escolar e, em particular, do ensino de Física. Isto tem o potencial de contribuir para uma melhor seleção de livros didáticos pelo professor de Física e, também, chamá-lo à reflexão sobre a trajetória histórica do ensino de Física no Brasil.

2 METODOLOGIA

Neste estudo, foram qualitativamente analisadas 44 coleções de livros didáticos de Física utilizados no ensino Médio no Brasil nos últimos cem anos. O critério de seleção dos livros do século XX está a sua expressa menção em trabalho cujas autoras estudaram cerca de 250 obras brasileiras de Física secundária (MARTINS; HOSOUME, 2007). Em outras palavras, as autoras, ainda que tenham se baseado em tantas obras para sua pesquisa, selecionaram apenas três dezenas de obras para destacar na redação do seu trabalho, cujas bibliografias constam como notas de rodapé; elegemos nossas obras a partir dessa seleção.

O critério de seleção de obras do século XXI foi o da presença da obra entre os livros autorizados para compra, pelo governo brasileiro, por meio do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (Pnlem), posteriormente unificado ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). No Brasil, o ensino médio dura três anos. Os livros didáticos do ensino Médio, às vezes, são oferecidos em duas versões diferentes: volumes únicos, válidos para todos os três anos do ensino médio ou três volumes, um volume usado a cada ano. Os trabalhos em um único volume têm mais páginas, mas são resumidos em relação aos trabalhos originais em três volumes. Portanto, optamos por analisar os trabalhos em sua versão original, mesmo que a aprovada para compra governamental tenha sido a de volume único.

Essa eleição de obras, tanto do século XX quanto do século XXI, levou em conta outro critério: utilizamos apenas os trabalhos disponíveis em duas bibliotecas do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, sendo uma delas especializada em livros didáticos. Isto ocorreu em função do amplo acervo disponibilizado para pesquisas na área e pela sua imediata disponibilidade para este estudo à época do levantamento.

Métodos de análise de livros didáticos já foram propostos e validados por muitos autores e grupos de pesquisa. Há quem sugira que os livros didáticos sejam classificados por suas ênfases curriculares (MOREIRA; AXT, 1986) ou por esquemas, nacionais e internacionais, a orientar o professor do nível secundário a analisar as obras e fazer a melhor escolha (ALVARENGA, 1991).

Neste trabalho, também temos a intenção de contribuir com elementos analíticos ao professor de Física. Por isso, selecionamos e adaptamos livremente algumas das categorias propostas nas bibliografias mencionadas, visando atingir os objetivos estabelecidos. Buscamos abordar os aspectos considerados na bibliografia como sendo mais importantes na avaliação e seleção de livros didáticos: objetivos materiais, tópicos focados, organização de conteúdo, nível de abstração etc., em tratamento de dados adequado para cada aspecto, obra e período.

Foram observadas as seguintes características, que consideramos estar entre as que revelam a transposição didática e a evolução histórica de forma mais sintética e direta, ou seja, que mais facilmente nos permitiriam atingir nossos objetivos: ênfases curriculares (MOREIRA; AXT, 1986) e aspectos característicos (ALVARENGA, 1991). Estas duas referências, por serem originais, detalham com maior precisão a metodologia de classificação e merecem ser consultadas na busca por aprofundamento dos detalhes metodológicos aplicados no presente estudo.

Nossa intenção foi a de avaliar, comparativamente, a maneira de abordar os diferentes temas e, em seguida, fazer uma análise descritiva de cada período, em relação aos vários aspectos que os caracterizam. Ou seja, buscamos entender melhor a evolução do conteúdo dos livros de Física utilizados no Brasil nos últimos cem anos. Com isso, pudemos estudar a forma como se fez a transposição didática da Física ao longo dos tempos e identificar eventos históricos como causadores de mudanças no ensino de Física no Brasil.

Na literatura, é possível encontrar a sugestão de períodos na história das ideias pedagógicas no Brasil (SAVIANI, 2008) e de eras de desenvolvimento da educação científica no país (KRASILCHIK, 1987). Os lapsos temporais ali sugeridos são semelhantes e consistentes com os sete períodos de desenvolvimento do livro didático de Física do Brasil determinados a partir da análise das obras feita no presente trabalho. Usamos os marcos históricos citados pelos autores mencionados como orientação para garantir que tomaríamos pelo menos quatro livros diferentes para cada período. A análise mínima de quatro obras foi o que possibilitou o ajuste na determinação dos marcos históricos relevantes para o livro didático de Física, especificamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos livros nos levou a identificar sete períodos históricos de paradigmas de desenvolvimento do livro didático de Física secundária usado no Brasil. Trata-se de um ajuste e de uma expansão de classificação já realizada anteriormente, mas para livros de Química (MORTIMER, 1988), em função de observações originais do presente trabalho. Os sete períodos propostos são:

- 1) Período pré-reformas Francisco Campos e Capanema (1920-1932);
- 2) Período de vigência das reformas getulistas (1933-1961);
- 3) Período de vigência da primeira LDB (1962-1971);
- 4) Período de influência da lei 5692/1971 (1972-1985);
- 5) Período de redemocratização na educação (1986-1996);
- 6) Período de vigência da atual LDB, pré-Pnlem de Física (1997-2008);
- 7) Período do Pnlem/PNLD de Física e novo Enem (2009-2020).

A partir deste ponto, apresentaremos o resultado do trabalho descritivo dos livros de cada período, bem como a respectiva análise.

3.1 PERÍODO PRÉ-REFORMAS FRANCISCO CAMPOS E CAPANEMA (1920-1931)

No Brasil, os primeiros livros didáticos foram impressos no século XIX, com a instalação da Imprensa Régia (BITTENCOURT, 1996). Um dos primeiros livros brasileiros de Física foi o “Lições Elementares de Physica segundo o programa de estudos do Collegio de Pedro II”, de Saturnino Soares de Meirelles, publicado em 1856 (SAMPAIO, 2007).

Ao longo daquele século, o objetivo principal dos autores foi deixando de ser a organização de cursos secundários e superiores. Na década de 1880, uma nova geração de autores, comprometida com as transformações sociais e políticas da época, como a abolição da escravidão e a queda da monarquia, juntou-se à causa da escolarização universal, criando livros que, sem abrir mão dos níveis mais altos de educação, também incluíam a escola primária (BITTENCOURT, 2004).

Até 1931, o Brasil não tinha um sistema educacional com uma estrutura oficial,

de regras de abrangência nacional. Ao longo dos anos 1920, diversos governos empreenderam reformas educacionais locais, como o Ceará, sob Lourenço Filho; o Distrito Federal, sob Fernando de Azevedo; e Minas Gerais, sob Francisco Campos. Este último fora alçado a Ministro da Educação e Saúde por Getúlio Vargas em 1930. No cargo, implantou normas educacionais nacionais conhecidas como Reforma Francisco Campos. Com isso, pela primeira vez, a educação passou a ser padronizada em todo o território nacional (FGV, 2020).

Os livros didáticos utilizados no ensino médio no Brasil até a década de 1930 eram meros resumos gerais de cada disciplina. Os livros não apresentavam divisão entre séries ou anos escolares, já que essa segmentação também inexistia na prática. As obras que analisamos apresentam um arranjo de conteúdos singular, diferente do que é mais comum hoje, principiando com Mecânica, passando por Termodinâmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo, podendo ir a elementos de Física Moderna. Havia, entre as obras da época, uma certa diversidade na sequência de conteúdos apresentada, com uma escolha mais livre por parte dos autores.

No período, os autores mostraram preocupação com as aplicações práticas do conhecimento, ilustrando as diferentes máquinas e situações físicas experimentais e lidando com seus diversos usos práticos. Os fenômenos são apresentados, inicialmente, sob uma abordagem qualitativa, e somente depois recebem enfoque quantitativo. Descrições de fatos e fenômenos da vida cotidiana são frequentes, e isso é uma característica distintiva das obras da década de 1920. Outra característica notável é a interdisciplinaridade expressiva entre a Física e outras ciências, como a Química, por exemplo. Inúmeras explicações se referem ao conhecimento de outras ciências.

Os trabalhos exibem grande número de ilustrações e diagramas, além de exercícios e problemas qualitativos incorporados ao final do trabalho ou, raramente, em cada capítulo. Na literatura, registra-se que isso também ocorreu com livros de Química, representando uma melhoria em relação aos livros do século XIX (MORTIMER, 1988).

Além disso, os trabalhos desse período foram atualizados continuamente em relação à ciência produzida na época. O rápido crescimento da produção de saber científico no século XX, bem como a crescente diferenciação entre conhecimento científico e conhecimento escolar, ou seja, para o crescente hiato representado pela transposição didática, são possíveis explicações para o porquê de a atualização científica não ter sido tão perseguida pelos autores dos livros desde então.

3.2 PERÍODO DE VIGÊNCIA DAS REFORMAS GETULISTAS (1932-1961)

A Reforma Francisco Campos definiu a duração do Secundário em cinco anos, sendo que os últimos três anos previam a abordagem de conteúdos de Física. Os livros didáticos escritos para atender aos estudantes do curso colegial eram, pela primeira vez, obras seriais. Seu conteúdo deveria seguir o programa oficial de ensino estabelecido (GHIRALDELLI, 2006).

O Ministério da Educação e Saúde propôs nova reforma educativa em 1942. Conseqüentemente, foram estabelecidos novos parâmetros para os programas de livros didáticos. Esta reforma ganhou o nome do então ministro, Gustavo Capanema. A mais significativa alteração foi a de estender o Secundário para sete anos, sendo os últimos três anos chamados de Colégio, ou curso colegial. A Reforma Capanema abriu duas possibilidades de percursos formativos no curso colegial, o clássico e o científico, mas com uma desvalorização relativa deste último (DALLABRIDA, 2014).

A atualização dos textos nos livros didáticos nesse período foi muito lenta, o que fica nítido quando observamos que esta foi a época de mais longa duração marcada para este trabalho. Poucas inovações foram vistas ao longo de três décadas. Mesmo a redemocratização do país, em meados da década de 1940, não foi capaz de alterar a dinâmica educacional, especialmente devido aos embates que atrasaram por quase quinze anos a promulgação de nossa primeira Lei de Diretrizes e Bases (LDB) (SANTOS; PRESTES; DO VALE, 2006).

Os livros didáticos de Física no período de influência getulista eram homogêneos em relação a como a maioria dos conceitos era tratada. Os livros deixaram de acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico contemporâneo, ficando estagnados. Esse descompasso começou a ser notado nas obras da década de 1930 ante as do período anterior. O atraso se aprofundou nas décadas de 1940 e 1950.

Uma das inovações da época foi a lista de exercícios incorporados no texto do capítulo, e não mais no final do volume. Praticamente todos esses exercícios são quantitativos, ao contrário do que aconteceu no período anterior. Portanto, foi nessa época que a matematização exagerada da Física do ensino Médio começou. Os trabalhos desse período são muito pouco ilustrados, muito menos do que no período anterior, mas, por outro lado, possuem extenso conteúdo teórico e tratamento matemático muito rigoroso, às vezes utilizando cálculo diferencial e integral.

Dentre os livros analisados, temos uma notável exceção: a obra de Aníbal Freitas, de 1949. Trata-se de uma obra singular, pois tem a organização do conteúdo muito diferente de qualquer outro trabalho da época. Por exemplo, o autor propõe o estudo do conceito de campo de forma integrada. Assim, o capítulo sobre campos elétricos é precedido pelo capítulo que trata de campos gravitacionais e sucedido pelo capítulo sobre campos magnéticos. O mesmo trabalho trata dos fenômenos de eletrização, em Eletrostática, de forma integrada ao tema da energia, algo que também é incomum.

Desta forma, no final da década de 1950, os livros didáticos de Física brasileiros estavam bastante obsoletos em relação à ciência produzida na época. Essa constatação é comum àquela encontrada em análise de livros brasileiros de Química desse mesmo período (MORTIMER, 1988). Observe-se, porém, que a situação não era diferente, por exemplo, nos Estados Unidos (SUMMERS, 1960).

3.3 PERÍODO DE VIGÊNCIA DA PRIMEIRA LDB (1962-1971)

A primeira LDB, de 1961, foi promulgada durante um período de democracia entre regimes ditatoriais. Isto significa que ela foi produto de um embate entre correntes distintas de pensamento. Para poder comportar visões distintas de educação, essa LDB permitia uma maior liberdade de ensino (MONTALVÃO, 2010). Uma análise da Lei Federal 4024/1961 é capaz de evidenciar grande flexibilidade de estrutura curricular ao curso colegial do Secundário, a partir da minimização dos dispositivos a reger esse curso (MARCHELLI, 2014).

A consequência disso, para o presente trabalho, foi que a heterogeneidade dos livros de Física se tornou predominante. É difícil determinar uma tendência única dos livros dessa época. A maioria das obras tem abordagens entre as mais sucintas de todos os períodos analisados, com capítulos com letras e imagens grandes, muito poucas páginas dedicadas a cada assunto, objetividade excessiva e uso de meras enunciações e definições para substituir explicações elaboradas. Quanto à apresentação gráfica, os textos ainda protagonizavam os livros, enquanto ilustrações e títulos ocupavam pouco espaço. Em uns poucos livros do período, ainda há

manutenção do padrão das décadas anteriores, a despeito de serem obras novas.

Note-se que a opção pela simplificação excessiva compromete o objetivo pedagógico do livro didático. Ainda que o conceito físico mencionado seja preciso, ele é novo para a maioria dos estudantes. Portanto, ele precisa ser acompanhado, ao menos, de explicação ou de exemplos, se a intenção é, de fato, garantir a aprendizagem da Física.

Os Estados Unidos começaram a reformar o seu ensino de Ciências um pouco antes, movidos pelo choque de estarem atrasados na corrida espacial após o lançamento bem-sucedido do primeiro satélite artificial da história pela União Soviética, o Sputnik-1, em 1957 (SANTOS, 2017). O marco temporal da mudança no Brasil, no entanto, é posterior, porque os projetos derivados do brutal financiamento do governo estadunidense chegaram aqui anos depois. Mas, sem dúvida, o evento também teve relação com a grande diversidade de obras na época: além das nacionais, passamos a ter as traduções nacionalizadas dos projetos estrangeiros.

Outro fator a justificar a variedade de abordagens e enfoques nas obras, algo que também ocorreu nos livros de Química da época (MORTIMER, 1988) foi o surgimento dos primeiros grupos de pesquisa brasileiros em Ensino de Ciências. Só que os pesquisadores da época, que chegaram à mesma conclusão, consideravam a diversidade de livros didáticos como negativa. As atas do I Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em 1970, apontam a grande quantidade e diversidade de orientação dos livros didáticos como uma das justificativas para uma suposta baixa qualidade do ensino de Física na época (ALMEIDA, 1980). Não demorou muito para essa salutar diversidade acabar, pela intervenção de fatores negativos.

3.4 PERÍODO DE INFLUÊNCIA DA LEI 5692/1971 (1972-1985)

A alteração de dispositivos da LDB brasileira, por meio da Lei Federal 5692/1971, marca o início de um novo período paradigmático para os livros didáticos de Física no Brasil. Para a educação básica, esse foi o evento mais significativo de uma série de ocorrências do fim da década de 1960 e início da década de 1970, pois representou a consolidação legal do endurecimento do regime militar. A reforma universitária de 1968, determinada especialmente pela Lei Federal 5540/1968, também influenciou a dinâmica do ensino Secundário, ao exigir, no prazo de três anos, a unificação e a padronização dos exames de ingresso nas universidades, chamando-os de concurso vestibular.

Ainda que muitos dispositivos da Lei Federal 5692/1971 tenham sido revogados pela Lei Federal 7044/1982, especialmente no que se refere à profissionalização obrigatória, e que já observássemos movimentos rumo à redemocratização, como o sufrágio universal para a escolha de governadores em 1982, os livros somente começaram a mudar mais expressivamente na segunda metade da década de 1980, pois somente nessa época a mudança de ares começou a chegar na regulamentação e nas políticas educacionais, inclusive com o início das discussões em prol de uma nova LDB (BOLLMANN; AGUIAR, 2016).

Na década de 1970, os livros tiveram seu conteúdo ainda mais simplificado, como resultado da redução da carga horária das disciplinas científicas (ALMEIDA, 1980). Também foram criadas versões reduzidas dos livros para o segundo grau, os volumes únicos, com menos exemplos, explicações mais curtas, menos textos complementares, entre outros cortes. As obras da primeira metade da década de 1980 não são diferentes.

As obras didáticas do período são as primeiras em que há exercícios resolvidos,

quase todos numéricos, além da proposição de perguntas reproduzidas dos exames vestibulares ao final de cada capítulo. Ou seja, a ênfase dos exercícios é guiada por fontes externas à própria obra e ao próprio autor. Isso reflete a crescente importância dos vestibulares ao longo do período. Ademais, com suas provas de questões quase exclusivamente quantitativas ou memorísticas, os autores das obras do período parecem ter sido induzidos a sacrificar tanto a exploração de conceitos quanto o número de exemplos práticos ou cotidianos da aplicação do conhecimento físico.

A educação da década de 1970 foi marcada por uma mentalidade tecnicista, segundo a qual se poderia educar por um método comportamentalista, do tipo estímulo-resposta (MORTIMER, 1988). Isso pode explicar o aumento significativo do número de exercícios nos livros, a ponto de haver obras que usam mais páginas para mostrar resoluções de questões de exames vestibulares do que para qualquer explicação teórica introdutória a cada tema. A profissionalização obrigatória no segundo grau pode, também, ter contribuído para essa situação, ao confundir educação com treinamento.

Durante o período, ganharam força induções gráficas, como grande destaque para títulos, conceitos e dicas considerados importantes pelos autores. Tais diagramações dirigem a leitura. O estudante não mais precisa se dar ao trabalho de escolher o que é importante: o autor já o fez, segundo seus critérios. Isso pode induzir a uma aprendizagem mecanizada. Além disso, passou a haver uma profusão de ilustrações, tabelas e outras formas de representação visual. Esse excesso de recursos visuais ilustrativos ou expositivos também tomaram espaço das explicações e de eventuais recursos visuais explicativos.

Em suma, foi neste período que se consolidou a transformação da Física do ensino Médio em um conhecimento propedêutico, introdutório para os estudos superiores, sem conexão com a experiência diária do aluno. Este caminho apenas serviu para diminuir o interesse dos alunos por esta ciência. Do mesmo modo, a opção de não mostrar o método científico que levou a um saber, uma lei ou uma teoria, pode ter incentivado os estudantes a entender a ciência como obra de gênios de lampejos de ideias brilhantes, e não, como na maioria dos casos, como resultado do trabalho árduo, longo e competente, levado a cabo por muitos cientistas, que trabalham juntos ou não, mas que discutem publicamente seus resultados no afã de consolidarem saberes.

3.5 PERÍODO DE REDEMOCRATIZAÇÃO NA EDUCAÇÃO (1986-1996)

Trata-se de um período de transição. A Constituição Federal de 1988, dos seus Art.205 ao Art.214, dita novas diretrizes gerais para a educação brasileira. Contudo, essas diretrizes demandam leis e decretos para sua normatização. Em outras palavras, a nova constituição induz à redação e à promulgação de uma nova LDB, mas isso só acontece em fins de 1996. Portanto, por mais de oito anos, a educação ainda foi regada e sofreu as tendências autoritárias e já envelhecidas da Lei 5692/1971.

Porém, 1985 marca as primeiras ações institucionais rumo à redemocratização da educação, com o programa Educação para Todos (FREITAG; MOTTA; COSTA, 1987), mas, mais especialmente, com o Decreto Federal 91542/1985. Este dispositivo legal instituiu o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Trata-se de um programa em que os professores das escolas públicas de primeiro grau poderiam eleger para a compra governamental o livro que desejassem, com alto grau de liberdade.

Além do PNLD, iniciado em 1985, e da Constituição Federal de 1988, tivemos a edição do Plano Decenal de Educação para Todos em 1993 (BRASIL, 1993), antes da promulgação da LDB de 1996. Portanto, essa etapa de transição foi longa e lenta o suficiente para merecer a dedicação de um destaque a ela. Além disso, a mudança que ela representa não foi uniforme em todos os aspectos. Algumas alterações ocorreram de forma abrupta, outras lentamente; algumas foram mais rápidas no início do período, outras, mais ao fim.

Depois de sua pior fase, em termos da efetiva presença de uma busca por ensinar a Física como uma ciência da natureza, alguns dos livros começaram a mudar de perfil na segunda metade dos anos 1980, com uma intensificação desse movimento na década de 1990. A abertura política para discutir outros temas ligados à ciência física, dentro do contexto da disciplina e dos livros didáticos, estava dada. Certos autores aderiram à possibilidade, enriquecendo suas obras.

O período é caracterizado por uma diversidade de textos. Alguns permanecem vinculados ao paradigma anterior, sem alterações significativas: obras sintéticas, com poucas páginas dedicadas à teoria, poucas explicações e páginas cheias de questões numéricas de vestibulares resolvidas, frequentemente com mais da metade das páginas dedicadas a exercícios sugeridos ou resolvidos.

Algumas outras obras estão em plena transição: usam quadros complementares ou suplementares ao texto principal, que ilustram situações nas ciências ou na vida cotidiana, ou seja, situações de contextualização dos conceitos e teorias. Ainda que possamos imaginar que essa adição possa ter ocorrido pelo incentivo da abertura democrática, ela pode, também, ter se dado meramente como reflexo irrefletido a uma evolução homóloga nos livros estadunidenses de Física Geral para o ensino superior.

A introdução de perguntas abertas nos vestibulares, refletindo, também, a abertura política, começou a provocar alterações nos livros, ainda que tímidas e excessivamente lentas. O objetivo principal das obras seguiu sendo a preparação para os exames vestibulares. A alteração da distribuição do tipo de questão ou exercício presente das obras, reduzindo os itens quantitativos e aumentando os qualitativos, não parece ter sido ação espontânea de nenhum autor, mas mero reflexo da mudança nos exames vestibulares. Por isso, uma retomada da ideia de ciência para a formação do cidadão, uma opção de vanguarda de alguns livros da década de 1960, foi um processo muito mais tímido e vagaroso, tendo marcado intensamente apenas o período seguinte.

3.6 PERÍODO DE VIGÊNCIA DA ATUAL LDB, PRÉ-PNLEM DE FÍSICA (1997-2008)

A consolidação da transição observada nos doze anos de governos civis no Brasil só ocorreu em 1997, não somente pela Lei Federal 9394/1996, a nova LDB da Educação Nacional, promulgada no fim de dezembro de 1996, mas pela primeira publicação do Guia e Catálogo de Livros Didáticos como uma etapa do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). A publicação do guia representou uma etapa preliminar de seleção dos livros por técnicos e especialistas do governo; aos professores, restava a escolha dos livros dentre os aprovados nessa pré-seleção.

Os livros de ensino Médio só passaram a ser comprados pelo governo em 2005, vinte anos após a primeira versão do PNLD, com a chegada do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (Pnlem). No caso específico dos livros de Física, o fornecimento gratuito de obras para escolas públicas só se deu em 2008. Este é um evento que marca o fim deste período, pois, até 2008, os livros não precisavam atender a requisitos de compra estatal, ainda que isso já fosse recomendado.

Nessa perspectiva, além de a nova LDB determinar, com mais precisão, a direção a ser seguida pela educação brasileira, o pensamento na educação mudou. Desde o final dos anos 1990, observam-se mudanças nas propostas para a construção de projetos educacionais (BELMIRO, 2000). Essas propostas seriam mais amplas, inclusivas, interdisciplinares, holísticas, algo que mostra que o paradigma educacional mudou.

Os livros publicados no período se caracterizam pela preocupação com a inovação na metodologia e não apenas no conteúdo didático. Por exemplo, vários livros didáticos do período propõem e incentivam a realização de experimentos de maneira ricamente descrita e ilustrada, com materiais baratos ou cotidianos. Nas obras da década de 1920, os livros também mostravam grande número de experimentos e aparelhos científicos. Porém, há uma diferença significativa: há um século, o foco estava na formação técnica. Os experimentos voltavam-se a explicar o funcionamento de diversos aparelhos tecnológicos de uso profissional. Neste período mais recente, a intenção se volta para a formação científica para o cotidiano, com a exploração de objetos e fenômenos com os quais nos deparamos na vivência diária.

Outras características que remetem aos livros daquela época: a apresentação das explicações e teorias mais antigas para uma demonstração contraditória de teorias mais modernas; a adoção ampla de analogias inovadoras, sem limitá-las a exercícios resolvidos ou à intenção de fornecer ferramentas para a solução de problemas quantitativos reproduzidos de exames vestibulares.

No entanto, há um uso muito intensivo de quadros explicativos em parte dos trabalhos. Excluído esse conteúdo complementar ou suplementar, ou seja, considerado apenas o texto principal, o tratamento dos temas é tão conciso quanto nos livros da década de 1970. A descontinuidade parece deliberada, em que os autores acreditam que o conteúdo dos quadros pode ser ignorado por estudantes menos interessados. A consequência é a promoção de um estudo memorístico e superficial do conteúdo, pois a contextualização do saber físico está praticamente restrita ao conteúdo dos quadros.

Além disso, é comum que o leitor receba informações superficiais e seja incentivado a aprender mais sobre ela de fontes externas ao livro, em um processo de terceirização do processo de ensino e aprendizagem. Frequentemente, a fonte que o trabalho indica para consulta é a Internet, em páginas cujo controle e autoria não são do autor ou do editor do livro. Portanto, ainda que reconheçam a importância da incorporação de novas tecnologias no processo educacional, os livros tradicionais ainda não mediam esse processo de maneira satisfatória no período.

3.7 PERÍODO DO PNLEM/PNLD DE FÍSICA E NOVO ENEM (2009-2020)

A chegada do Programa Nacional de Livros Didáticos para o Ensino Médio (Pnlem) aos livros de Física, em 2008, introduziu novos paradigmas na composição dos livros didáticos, marcando o início de um novo período. Se, antes, os editores publicavam livros que atendiam às demandas de mercado, desde a chegada do Pnlem, precisam publicar livros que cumpram aos critérios do programa, porque somente os livros pré-selecionados podem ser adquiridos pelo governo. Como as compras estatais são muito superiores às vendas das editoras ao setor privado, o Pnlem, hoje incorporado ao PNLD, inevitavelmente induziu mudanças no formato das obras.

Porém, há de se observar a chegada de outra força muito poderosa a influenciar a redação dos livros didáticos brasileiros de Física: a alteração do Exame Nacional do

Ensino Médio, em 2009. O Enem passou a ser, simultaneamente, um exame vestibular nacional unificado, um certificador de conclusão do ensino médio e uma prova classificatória para acesso a financiamentos e isenções na universidade privada e a programas universitários de mobilidade acadêmica (BARROS, 2014). Para isso, a prova aplicada aos estudantes passou a ter a nota determinada pela Teoria de Resposta ao Item, deixando de avaliar competências para voltar a ser conteudista (SILVA, 2016).

É possível que haja outros fatores a influenciar a consolidação deste período. São exemplos a valorização dos cursos de licenciatura por meio do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência; a expansão desses cursos por meio da implantação do Sistema Universidade Aberta do Brasil e da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica; o privilegiado campo de formação de professores nessa rede, por oferecer, no mesmo espaço, ensino médio e cursos de licenciatura. Porém, no atual estado da arte, não há indícios que nos permitam associar diretamente tais fatores às mudanças na redação de livros didáticos.

Ainda não podemos dizer se a reforma do Ensino Médio, determinada pela Lei Federal 13415/2017, e a implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) marcarão um fim deste período paradigmático dos livros didáticos de Física usados no Brasil. O fato de não termos utilizado nenhuma obra tão recente neste estudo inviabiliza a consideração desse marco temporal. Ademais, é preciso ter em mente que o Enem praticamente não mudou desde 2009, o que indica a existência de uma barreira muito expressiva a uma mudança mais significativa nos livros.

A preocupação com uma ciência para o exercício da cidadania, que educa para o exercício do trabalho, da política e da vida social, é especialmente crescente e cada vez mais procurada pelos autores. Se, no período anterior, havia uma inclusão ainda tímida dessas temáticas, emendadas aos livros na forma de quadros complementares, a grande maioria dos livros mais recentes incorporaram essas referências à Física da vida cotidiana no texto principal. Há uma tendência de abandono de qualquer abordagem descontextualizada, embora ainda haja, em algumas obras, dificuldades em ir além de mostrar o contexto e efetivamente demonstrar a aplicação prática de uma teoria.

Em relação à opção por uma ênfase mais quantitativa ou mais qualitativa, as obras não têm uma tendência única. As obras mais voltadas à formação cidadã têm muitas equações aparecendo em destaque, porém, para conceitos específicos, e não para a maioria das explicações. Logo, há uma seleção mais criteriosa sobre o que mereceria abordagem quantitativa. Além disso, na maioria dos livros, a explicação de um fenômeno físico não se limita a uma prova matemática, como era comum nos anos 1970 e 1980.

Ainda há uma presença muito expressiva de abordagens quantitativas sem objetivo claro ou conexão direta com a compreensão do fenômeno. Em outras palavras, uma matematização que se sobrepõe à Física, e não uma que lhe presta serviço. Isso pode ser resultado de vários fatores: além da persistência de um Enem conteudista, pode haver uma tentativa de agradar parte dos professores de Física, que ainda se sentem mais confortáveis com a abordagem da Física eclipsada pela Matemática, paradigma sob o qual se formaram. Os autores dos livros acabam fazendo tais concessões para aumentar as chances de terem suas obras escolhidas pelos professores. Afinal, não basta aos autores e às editoras aprovar suas obras para constarem do Guia do Livro Didático do PNLD: é preciso, também, que os professores gostem da obra e a escolham para suas turmas.

A Tabela 1 busca sintetizar as características predominantes dos livros

estudados. Foram listadas duas ênfases curriculares mais intensas ou emergentes do período dentre as dez categorias propostas por Moreira e Axt (1986), e alguns aspectos característicos dentre os destacados por Alvarenga (1991).

Tabela 1 – Síntese das características predominantes dos livros por período (*continuação*)

Período	Ênfases curriculares	Aspectos característicos
1920-1931	Fundamentação sólida Ciência integrada	Aspecto qualitativo cuidadoso Aspecto quantitativo afrouxado Experimentação técnica Exercícios qualitativos Tecnologia técnica contemporânea Transposição de ênfase tecnológica
1932-1961	Habilidades científicas Estrutura da ciência	Aspecto qualitativo estagnado Aspecto quantitativo rigoroso Experimentação científica obsoleta Exercícios quantitativos Tecnologia abandonada Transposição de ênfase científica
1962-1971	Explicações corretas Tecnologia educacional	Aspecto qualitativo comprimido Aspecto quantitativo preeminente Experimentação descontextualizada Exercícios em domínio quantitativo Tecnologia como justificativa da ciência Transposição diversificada
1972-1985	Explicações corretas Fundamentação sólida	Aspecto qualitativo negligenciado Aspecto quantitativo eclipsante Experimentação ignorada Exercícios numéricos de vestibulares Tecnologia ignorada Transposição descolada do saber original
1986-1996	Indivíduo como explicador Estrutura da ciência	Aspecto qualitativo restituído Aspecto quantitativo sustentado Experimentação retomada Exercícios com ênfase nos vestibulares Tecnologia em recontextualização Transposição em transição
1997-2008	Ciência/tecnologia/sociedade Habilidades científicas	Aspecto qualitativo renovado Aspecto quantitativo recuado Experimentação acessível Exercícios qualitativos e quantitativos Tecnologia como tema motivador Transposição com novas analogias

Tabela 1 – Síntese das características predominantes dos livros por período (*conclusão*)

Período	Ênfases curriculares	Aspectos característicos
2009-2020	Ciência do cotidiano Autorrealização	Aspecto qualitativo contextualizado Aspecto quantitativo epitomado Experimentação de aplicação prática Exercícios mais reflexivos Tecnologia do cotidiano Transposição guiada pela contextualização

Fonte: Os autores.

4 CONCLUSÕES

Esta análise dos livros didáticos utilizados no país durante os últimos cem anos nos permitiu identificar alguns eventos como causadores de mudanças no ensino de Física no Brasil. Isso nos levou a perceber que a Física, como disciplina do ensino Médio brasileiro, move-se muito mais pela influência do Estado, seja por meio do Executivo ou do Legislativo, do que pela intervenção de outros grupos, como professores ou empresários da educação, ou pela evolução do ensino de Física no exterior.

Ações do Poder Executivo marcaram mais mudanças de paradigma do que decisões do Legislativo. Mesmo a Lei Federal 5692/1971, ainda que seja obra do Legislativo, não foi discutida amplamente com a sociedade como foram as duas Leis de Diretrizes e Bases, cujos debates se prolongaram por mais de dez anos cada uma, sendo resultado da acomodação de várias correntes de pensamento da sociedade. Mais recentemente, a reforma do Ensino Médio de 2018, se marcar uma nova mudança de padrão nos livros de Física, também deverá ser contabilizada no grupo das leis pouco discutidas, por ser resultado da conversão de uma Medida Provisória, baseada em discussões que raramente foram além do Ministério da Educação, em Lei.

O outro objetivo para este trabalho foi o de evidenciar a transposição didática presente nos livros, o que foi feito a partir da análise da apresentação dos textos, da forma de abordagem do conteúdo e da definição das ênfases curriculares mais relevantes de cada período. A síntese analítica final reuniu as principais características de cada período, embora seja simplificação que oculta nuances, detalhes e exceções.

Até fins da década de 1920, os livros valorizavam práticas técnicas e experimentais, buscando acompanhar a ciência contemporânea. As fronteiras mais tênues entre as ciências também se reproduziam nas obras. Entre as décadas de 1930 e 1950, houve recuo a um cientificismo descolado da prática científica, com estagnação de conteúdos e abordagens. Nos anos 1960, assistimos a uma diversificação das diretrizes de ensino, culminando com uma variedade grande de enfoques, muitos como fruto de projetos educacionais, mas, na maioria dos casos, com redução de conteúdo.

Nos anos 1970 e metade dos 1980, o conteúdo das obras diminuiu ainda mais, devido à profissionalização obrigatória e à redução do tempo das aulas de Física. A ênfase passou à preparação para exames vestibulares de questões quantitativas e memorísticas. Em fins da década de 1980 e início da década seguinte, inicia-se uma adaptação dos livros, com inclusão de quadros suplementares, com temas como história da ciência e fenômenos físicos curiosos relacionados à teoria apresentada.

Em fins dos anos 1990 e ao longo da década de 2000, a nova LDB, novos

parâmetros curriculares e um Enem voltado à avaliação de competências dirigiram o ensino de Física a um uso social, cidadão, e ao desenvolvimento de habilidades. Alterações do Enem e a chegada do Pnlem à área de Física levaram os livros da década de 2010 à tentativa de apresentação de uma ciência útil ao estudante, cada vez mais contextualizada no cotidiano, com a incorporação desses conteúdos no corpo do texto.

Esta trajetória centenária sugere haver, ainda, muito a fazer para melhorar o ensino de Física. Um dos aspectos mais preocupantes é a persistência em pôr o aspecto quantitativo no centro das atenções, em lugar de priorizar a compreensão dos princípios físicos e de suas relações com os fenômenos naturais que envolvem o aluno em sua vida cotidiana. É importante termos um currículo prático que promova o questionamento e a problematização, que incentive o uso do raciocínio, que estimule à ação. A Base Nacional Comum Curricular fornece um currículo teórico nesse sentido. Enem e PNLD podem ajudar a fazer desse currículo teórico um currículo prático de qualidade, destinando o próximo paradigma dos nossos livros de Física a ser o melhor dos tempos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA Junior, João Baptista de. A evolução do ensino de Física no Brasil: 2ª parte. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v.2, n.1, p.55-73, 1980. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol02a06.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2020.

ALVARENGA Alvares, Beatriz. Livro Didático: análise e seleção. In: MOREIRA, Marco Antonio; AXT, Rolando. (Orgs.) **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4368998/mod_resource/content/2/texto%203.pdf. Acesso em: 3 abr. 2020.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus, 1990.

BARROS, Aparecida da Silva Xavier. Vestibular e Enem: um debate contemporâneo. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 22, n. 85, p. 1057-1090, out./dez.2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362014000400009>. Acesso em: 7 abr. 2020.

BELMIRO, Celia Abicalil. A imagem e suas formas de visualidade nos livros didáticos de Português. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 72, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-7330200000300002>. Acesso em: 2 abr.2020.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. **Livro didático e conhecimento histórico: uma história do saber escolar**. 1993. 383 f. Tese (Doutorado em História). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. O que é o livro didático? In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE LITERATURA INFANTO-JUVENIL, LIVRO DIDÁTICO E PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE NA FORMAÇÃO DE LEITORES, 2., 1995, São Paulo. **Anais...**: leitura e literatura para a infância e a juventude. São Paulo, SP:

Faculdades Teresa Martin, 1996.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810-1910). **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 475-491, 2004.

BOLLMANN, Maria da Graça Nóbrega; AGUIAR, Letícia Carneiro. LDB: projetos em disputa: da tramitação à aprovação em 1996. **Retratos da Escola**, Brasília, v.10, n.19, p.407-428, jul./dez.2016. Disponível em: <http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/download/703/705>. Acesso em: 8 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Plano Decenal de Educação para Todos**. Brasília, DF: MEC, 1993. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me001523.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_verseofinal_site.pdf. Acesso em: 6 abr. 2020.

BRASIL. Constituição Federal. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 6 abr. 2020.

BRASIL. **Lei 4024, de 20 de dezembro de 1961**. Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1961. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4024.htm. Acesso em: 31 mar. 2020.

BRASIL. **Lei 5540, de 28 de novembro de 1968**. Fixa normas de organização e funcionamento do ensino superior e sua articulação com a escola média, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1968. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5540.htm. Acesso em: 9 abr. 2020.

BRASIL. **Lei 5692, de 11 de agosto de 1971**. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1971. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5692.htm. Acesso em: 31 mar. 2020.

BRASIL. **Lei 7044, de 18 de outubro de 1982**. Altera dispositivos da Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971, referentes a profissionalização do ensino de 2º grau. Brasília, DF: Presidência da República, 1982. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7044.htm. Acesso em: 9 abr. 2020.

BRASIL. **Lei 9394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 31 mar. 2020.

BRASIL. **Lei 13415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e

11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm. Acesso em: 31 mar. 2020.

BRASIL. **Decreto 91542, de 19 de agosto de 1985**. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 1985. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 31 mar. 2020.

CARNEIRO, Maria Helena da Silva. As imagens no livro didático. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 1., 1997, Águas de Lindoia. **Atas[...]**. Águas de Lindoia, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1997.

CHERVEL, André. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. **Teoria & Educação**, Porto Alegre, n. 2, p. 177-229, 1990. Disponível em: https://moodle.fct.unl.pt/pluginfile.php/122510/mod_resource/content/0/Leituras/CherVEL01.pdf. Acesso em: 9 abr. 2020.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1991. Disponível em: https://www.academia.edu/35432408/La_transposici%C3%B3n_did%C3%A1ctica_Del_saber_sabio_al_saber_ense%C3%B1ado. Acesso em: 31 mar. 2020.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000300012>. Acesso em: 2 abr. 2020.

CORRÊA, Rosa Lyda Teixeira. O livro escolar como fonte de pesquisa em História da Educação. **Cadernos Sedes**, Campinas, v. 20, n. 52, p. 11-24, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v20n52/a02v2052.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2020.

DALLABRIDA, Norberto. O MEC-Inep contra a Reforma Capanema: renovação do ensino secundário na década de 1950. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 407-427, maio/ago. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-795X.2014v32n2p407>. Acesso em: 3 abr. 2020.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. **A Era Vargas: dos anos 20 a 1945**. Anos 20: Questão Social: Reformas Educacionais. Rio de Janeiro: CPDOC; FGV, 2020. Disponível em: <https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/AEraVargas1/anos20/QuestaoSocial/ReformasEducaionais>. Acesso em: 5 abr. 2020.

FREITAG, Barbara; MOTTA, Valeria Rodrigues; COSTA, Wanderly Ferreira. **O estado da arte do livro didático no Brasil**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, 1987. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me001994.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2020.

GATTI JÚNIOR, Décio. Livros didáticos, saberes disciplinares e cultura escolar: primeiras aproximações. **Revista História da Educação**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 29-50, set.1997. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/asphe/article/view/30663>. Acesso em: 08 maio 2021.

GHIRALDELLI Júnior, Paulo. A organização do ensino legada pelo Estado Novo. *In*: GHIRALDELLI Júnior, Paulo. **História da Educação Brasileira**. São Paulo: Cortez, 2006.

GOODSON, Ivor F. Currículo: a invenção de uma tradição. *In*: GOODSON, Ivor F. **Currículo: teoria e história**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

JIMÉNEZ VALLADARES, Juan de Dios; PERALES PALACIOS, Francisco Javier. Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 1, p. 3-19, 2001. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21704>. Acesso em: 05 abr. 2020.

KRASILCHIK, Myriam. A evolução no ensino das Ciências no período 1950-1985. *In*: KRASILCHIK, Myriam. **O professor e o currículo de Ciências**. São Paulo: EPU; Edusp, 1987.

MACEDO, Elizabeth. A imagem da Ciência: folheando um livro didático. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 25, n. 86, p. 103-129, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v25n86/v25n86a07>. Acesso em: 4 abr. 2020.

MARCHELLI, Paulo Sergio. Da LDB 4.024/61 ao debate contemporâneo sobre as bases curriculares nacionais. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 12, n. 3, p.1480-1511, out./dez. 2014. Disponível em: <http://200.144.145.24/curriculum/article/view/21665/15915>. Acesso em: 8 abr.2020.

MARTINS, Maria Inês; HOSOUOME, Yassuko. Livros didáticos de Física no Brasil: editoras, autores e conteúdos disciplinares: da Reforma Capanema à LDB de 1996. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO. EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 1., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 2007. v. 1. p. 1106-1123

MATHIS, Philip M. Justifying science in an era of vocationalism. **Science Education**, [s.l.], v. 61, n. 1, p. 99-104, 1977. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730610111>. Acesso em: 02 abr. 2020.

MONTALVÃO, Sérgio. A LDB de 1961: apontamentos para uma história política da

educação. **Mosaico**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 21-39, 2010. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/mosaico/article/view/62786/61921>. Acesso em: 09 abr. 2020.

MOREIRA, Marco Antonio; AXT, Rolando. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 33-48, 1986. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol08a04.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.

MORTIMER, Eduardo Fleury. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, Brasília, DF, v. 7, n. 40, p. 25-41, 1988. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2042>. Acesso em: 30 mar. 2020.

SAMPAIO, Glads Maria D'Elia. Obra rara de Física no ensino brasileiro. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO. EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 1., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 2007.

SANTOS, Carlos Alberto dos. A reforma do ensino de Ciências. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, 20 jan. 2017. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/a-reforma-do-ensino-de-ciencias-2>. Acesso em: 7 abr. 2020.

SANTOS, Irene da Silva Fonseca dos; PRESTES, Reulcinéia Isabel; DO VALE, Antônio Marques. Brasil, 1930-1961: Escola Nova, LDB e disputa entre escola pública e escola privada. **Revista HistedBR Online**, Campinas, n. 22, p. 131-149, jun. 2006. Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/revista/edicoes/22/art10_22.pdf. Acesso em: 7 abr. 2020.

SAVIANI, Dermeval. **História das ideias pedagógicas no Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2008.

SILVA, Márcio Lima da. **A Física no Enem dos anos 2008 e 2009 sob o olhar do movimento**: ciência, tecnologia e sociedade. 104 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Práticas Educacionais). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1354>. Acesso em: 01 abr. 2020.

SILVA, Tomaz Tadeu da. Apresentação. *In*: GOODSON, Ivor F. **Currículo**: teoria e história. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 7-13.

SUMMERS, Donald B. Are high school chemistry texts up-to-date? **Journal of Chemical Education**, Washington, DC, v. 37, n. 5, p. 263-264, 1960. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed037p263>. Acesso em: 1 abr. 2020.

VELHO, Léa. **Curso de especialização em jornalismo científico**: estudos sociais da ciência e da tecnologia. Campinas: Labjor, 1999.

WUO, Wagner. **A Física e os livros**: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo: Educ; Fapesp, 2000.

O ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE POLI TEREFTALATO DE ETILENO COMO AGREGADO EM ARGAMASSAS

THE STUDY ON THE USE OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE RESIDUES AS AN AGGREGATE IN MORTARS

Paulo Paiva Oliveira Leite Dyer¹
Gustavo Lauer Coppio²

Resumo: No mundo moderno, a geração de resíduos de biodegradabilidade lenta vem ocasionando diversos impactos ambientais. Destes, destacam-se os resíduos de Poli Etileno Tereftalato (PET), os quais são originários das embalagens alimentícias, que surgiram para facilitar o mercado consumidor cada vez mais dinâmico e crescente. Da mesma forma, o consumo de recursos minerais pela construção civil impacta de maneira importante o meio ambiente e a sociedade. Com isso, torna-se uma oportunidade à reutilização destes resíduos poliméricos, em substituição ao agregado mineral, nas misturas cimentícias, um procedimento que pode trazer vantagens ao produto final, seja em argamassas ou em concreto de cimento Portland. Neste sentido, há diversos esforços de pesquisadores e entidades de pesquisa, ao longo dos anos, em reaproveitar resíduos de PET para este fim, contudo, ainda são discutíveis os resultados obtidos até aqui. Desta forma, neste presente artigo foram propostas novas metodologias para este reuso e assim foram testadas argamassas contendo PET como agregado, de acordo com a Norma brasileira. Os resultados revelaram um ganho em resistência à compressão, da ordem de três vezes, além de um isolamento térmico superior, da ordem de cinco vezes, em relação às argamassas convencionais. Este novo material ainda revelou ser comercialmente viável, de acordo com os critérios normativos e com o custo final. Assim sendo, o reuso de PET como agregado demonstra ser uma alternativa que, além de beneficiar o meio ambiente, tem o potencial de produzir um material de construção mais vantajoso.

Palavras-chave: PET. Argamassa. Sustentabilidade. Poli tereftalato de etileno.

Abstract: In the modern world, the generation of slowly biodegradable waste has caused several environmental impacts. Among them, residues of Polyethylene Terephthalate (PET) are highlighted, which originate from food packaging, which has emerged to facilitate the increasingly dynamic and growing consumer market. Likewise, the consumption of mineral resources by civil construction has an important impact on the environment and society. Therefore, it becomes an opportunity to reuse these polymeric residues, replacing the mineral aggregate, in cement mixtures, a procedure that can bring advantages to the final product, either in mortar or in Portland cement concrete. In this sense, there have been several efforts by researchers and research entities, over the years, to reuse PET waste for this purpose; nevertheless, the results obtained so far are still debatable. Therefore, in this article new methodologies were proposed for this reuse, and mortars containing PET as an aggregate were tested, according to the Brazilian Standard. The results revealed an increase in compressive strength, of the order of three times, in addition to a superior thermal insulation, of the order of five times, compared with conventional mortars. This

¹ Instituto Tecnológico de Aeronáutica, E-mail: paulo_dyer@yahoo.com.

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica, E-mail: gustavocoppio@gmail.com.

new material also proved to be commercially viable, according to the normative criteria and the final cost. Therefore, the reuse of PET as an aggregate proves to be an alternative that, in addition to benefiting the environment, has the potential to produce a more advantageous construction material.

Key words: PET. Mortar. Sustainability. Polyethylene terephthalate.

Data de submissão: 15.07.2020

Data de aprovação: 18.02.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2523>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2523>).

1 INTRODUÇÃO

Durante o progresso da humanidade, sempre houve a necessidade do enfrentamento das adversidades do meio ambiente por esta, impondo o seu papel dominante sob a natureza (PROCÓPIO FILHO *et al.*, 2000). Além disso, as tentativas para o retorno do “equilíbrio” natural geram impactos, afetando o desenvolvimento da humanidade (PEDRUZZI *et al.*, 2015). Desta forma, as últimas décadas foram muito importantes, na busca de um modelo de desenvolvimento sustentável ao progresso, o qual se mostrou imprescindível para o futuro (BARBOSA, 2008).

Segundo Meier *et al.* (2014), um dos principais males do progresso é a geração de resíduos sólidos. Devido a lenta degradação natural destes resíduos (KUMAR *et al.*, 2016), acabam por trazer desequilíbrios físicos, químicos, biológicos e sociais ao meio ambiente (ALBUQUERQUE, 2016). Dentre os resíduos sólidos urbanos (RSU), os plásticos ganham destaque, por serem de difícil degradação e ocuparem grandes volumes nos locais de descarte, gerando elevados impactos ambientais (ROTH; GARCIAS, 2008). Neste cenário, o Poli etileno tereftalato (PET), face as suas vantagens em termos de resistência mecânica, durabilidade e baixo custo de produção, foi um plástico amplamente difundido (PIATTI; RODRIGUES, 2005). Entretanto, surgiu um passivo residual que representa um grande desafio, em termos de impacto sócio ambiental.

O PET foi introduzido no Brasil em 1988, concentrando seu consumo no mercado de fibras e garrafas (KOSCHEVIC; BITTENCOURT, 2016), tendo sua reciclagem mecânica difundida a partir do início dos anos 90 (FORMIGONI; FORTES, 2008), tornando o país em um dos maiores recicladores de PET do mundo (51%). Todavia, o mercado ainda não é capaz de absorver estes resíduos na sua totalidade, acumulando-se quase 130 mil toneladas por ano, conforme os dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2020). Assim sendo, este RSU impacta cada vez mais o meio ambiente e esgota a capacidade dos aterros sanitários.

Por outro lado, o consumo de recursos minerais pela construção civil também representa um enorme risco ao meio ambiente. A extração de agregados minerais, utilizados para a fabricação de concreto de cimento Portland, representa mais de 70% de toda extração mineral por escavações de leitos de rio ou detonação de rochas, ocasionando elevados impactos ambientais (BARBOZA *et al.*, 2019). Por estas razões, há muitas pesquisas sendo desenvolvidas, na busca de materiais alternativos ao uso dos agregados minerais (BINA, 2002). Dentre estes estudos, os resíduos plásticos triturados ou em formato de fibras são importantes alternativas ao uso de

agregados convencionais (ALFAHDAWI *et al.*, 2016, PASTOR *et al.*, 2019).

As primeiras pesquisas sobre o uso de PET residual, como agregado, remontam o final da década de 80 (ALMESHAL *et al.*, 2020). Um dos pioneiros nesta área foi Liu (1988), que utilizou o PET triturado, também conhecido comercialmente como flake, na mistura do concreto. Foi utilizada a borra triturada residual, oriunda do processo de reciclagem mecânica de PET, nos estudos de Lennon *et al.* (1993) realizados na década de 90. A partir do início dos anos 2000, houve um aumento significativo de estudos nesta temática, como Choi *et al.* (2005) e Canellas (2005), os quais utilizaram pó e lã de PET (terminologias comerciais), respectivamente, ambos subprodutos da reciclagem mecânica do polímero, segundo Park e Kim (2014).

Nestas pesquisas, foram observados os usos dos diversos tipos de cimento Portland, conforme a norma NBR:16697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018a) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e aditivos hidráulicos, de acordo com a NBR:11768-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019a); cuja proporção de PET em relação ao agregado convencional variou de 10 a 100% nos concretos produzidos, sendo observadas perdas de resistência à compressão da ordem de 20 a 40%, com o uso de PET reciclado como agregado. De acordo com De Cort *et al.* (2017), a redução da resistência à compressão observada em concretos com PET reciclado na mistura, pode ser atribuída à hidrofobicidade do polímero. Contudo, Flores e Calleja (1998) destacaram que o PET possui uma elevada resistência a esforços verticais (47 a 90 MPa), além de um módulo de Young (3 GPa) inferior ao cimento Portland (41 GPa), demonstrando que um compósito derivado dos dois materiais, segundo as definições de Callister Jr. e Rethwisch (2010), somaria as propriedades individuais do cimento e do PET em um único material superior ao concreto convencional. Todavia, a repelência da água pelo polímero prejudica a mistura hidráulica PET-cimento (MODRO *et al.*, 2009, BIGOTTO *et al.*, 2019), bem como a trabalhabilidade do concreto fresco (BIGOTTO *et al.*, 2019).

No concreto endurecido, ocorrem cavitações entre o PET e o cimento, facilitando seu arrancamento da matriz cimentícia (JUCÁ, 2017). Assim sendo, é imprescindível a escolha do tipo de cimento, de aditivo e da relação água cimento, para produzir um compósito de PET e cimento, cujas propriedades dos dois materiais realmente se integrem (DYER; MANCINI, 2009, YAO *et al.*, 2014, JARDIM, 2016).

Segundo os estudos de Casanova-del-Angel, Vázquez-Ruiz (2012) e Lima *et al.* (2018), concretos com uso de PET como agregado demonstraram ser até 50% mais leves que os convencionais. Tolentino e Bastos (2007) observaram um aumento de quase dez vezes da resistência térmica, quando utilizado resíduo de PET como agregado. Duarte (2014) e Monteiro (2017) demonstraram a viabilidade do emprego de PET em argamassas.

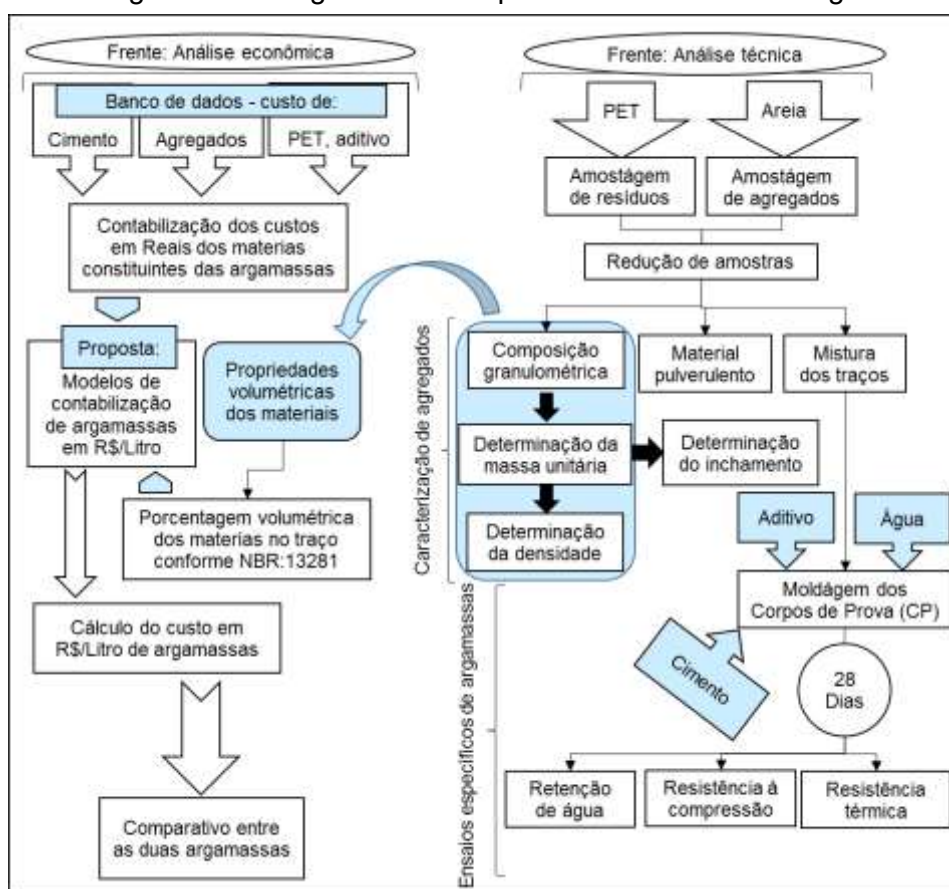
Em vista destas premissas, é observado um hiato no que tangem definições sobre características dos materiais empregados e a composição dos traços, para melhorar as propriedades físicas do concreto e da argamassa. Na atual literatura, também não se observa a realização de análises econômicas, que poderiam caracterizar este material compósito, como comercialmente viável.

Portanto, o objetivo deste artigo foi buscar a definição de uma proporção entre cimento, PET e água, bem como do tipo de cimento e aditivo, mais adequados para produzir uma argamassa contendo PET, com propriedades físicas superiores a argamassas convencionais. Também foi realizado um estudo econômico para avaliar sua viabilidade econômica, a partir da dedução de modelos matemáticos diretos e um banco de dados de precificação de materiais de construção e RSU no Brasil.

2 EXPERIMENTAL

Após uma análise crítica da literatura atual, foi verificado que o cimento CP II, apresentou o melhor desempenho, e o aditivo superplastificante do tipo II (RA2-R), melhorou significativamente o entrosamento entre o PET e a matriz cimentícia. Por esta razão, estes materiais foram escolhidos para o estudo experimental. Ainda, optou-se pela utilização de flakes na proporção de 100% de substituição, em relação ao agregado convencional. O desenvolvimento experimental deste estudo foi dividido em duas frentes: ensaios físicos e análise econômica. Na Figura 1, é apresentado um fluxograma, contendo todas as etapas envolvidas no desenvolvimento deste estudo.

Figura 1 - Fluxograma das etapas desenvolvidas no artigo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A areia foi obtida em um porto de areia, na cidade de Jacareí/Brasil. Já os flakes de PET, foram obtidos em uma recicladora na cidade de São Paulo/Brasil.

3 MATERIAIS

Para o desenvolvimento experimental, foi utilizado PET triturado, no formato de flakes, cimento Portland CP II, areia mineral, aditivo para argamassas e água. A Tabela 1 descreve estes materiais, de acordo com a especificação regulamentada por norma. A Figura 2 ilustra os materiais utilizados.

Tabela 1 - Propriedades e critérios técnicos dos materiais utilizados.

Material	Denominação	Propriedades	Especificação
PET	Flake	Tam. máximo das partículas: 1,0 mm	-
Areia	Média	Tam. médio grãos entre 0,6 e 1,2 mm	NBR NM:248 (2003)/ NBR:7211 (2009)
Cimento	CP II	Cimento Portland Composto	NBR:16697 (2018)
Aditivo	RA2-R	Redutor de água e superplastificante	NBR:11768-1 (2019)
Água	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 - Materiais empregados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 PROCEDIMENTOS

4.1 ANÁLISE TÉCNICA

Inicialmente, os agregados foram caracterizados de acordo com os procedimentos estabelecidos nas normas técnicas, conforme mostra a Tabela 2. No teste de densidade, foi utilizado um aparelho de ultrassom, como ilustra a Figura 3, ao invés da fonte de calor, como recomenda a DNER ME:084 (1995), pois comprometeria a integridade do *flake*.

Tabela 2 - Testes de caracterização de agregados.

Ensaio de caracterização	Métodos	Número de ensaios por teste
Composição granulométrica	NBR NM:248 (2003)/ NBR:7211 (2009)	6: 3 p/ areia e 3 p/ PET
Teor de material pulverulento	NBR NM:46 (2003)	6: 3 p/ areia e 3 p/ PET
Determinação da massa unitária	NBR NM45 (2006)	6: 3 p/ areia e 3 p/ PET
Determinação da densidade	DNER ME:084 (1995)	6: 3 p/ areia e 3 p/ PET
Determinação do inchamento	NBR:6467 (2006)	6: 3 p/ areia e 3 p/ PET

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram produzidas argamassas contendo PET e areia como agregado, conforme as proporções volumétricas, fator água cimento (A/C), que são apresentadas na Tabela 3. Também foi utilizado um aditivo RA2-R, cujo mesmo foi diluído na taxa de 100 ml para cada litro de água, em ambas as amostras.

Tabela 3 - Composição das argamassas produzidas.

Argamassa	Proporção de materiais (cm ³ /cm ³)			
	Cimento	PET	Areia	Fator: A/C ³
Cimento + Areia: Controle	1	0	2	0,65
Cimento + PET: PET-cimento	1	2	0	0,65

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os corpos de prova deste estudo foram moldados em formato cilíndrico de 50 x 100 mm, conforme a NBR:7215 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019b). Durante a preparação das misturas, cada material foi quantificado em peso, utilizando a relação volumétrica entre massa e densidade, com o objetivo de obter proporções mais precisas, evitando os vazios de cada material granular (areia, cimento e PET). Para a determinação da resistência à compressão, adotou-se a metodologia da NBR:5739 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018b). Os referidos procedimentos têm sido comumente utilizados, em diversos estudos sobre argamassas, como por exemplo, nas pesquisas de Armange *et al.* (2005), Siqueira *et al.* (2012) e Reis e Carneiro (2012). Na Tabela 4 são apresentados os ensaios e metodologias utilizadas neste estudo.

Tabela 4 - Testes de argamassas.

Ensaio de concreto	Métodos	Quantidade de ensaios (CP) por teste
Retenção de água	NBR:13277 (2005)	4: 2 p/ Controle e 2 p/ PET-cimento
Resistência a compressão	NBR:7215 (2019)/ NBR 5739 (2018)	6: 3 p/ Controle e 3 p/ PET-cimento
Resistencia térmica	NBR:15220-4 (2005)	4: 2 p/ Controle e 2 p/ PET-cimento

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 – Procedimentos do teste de densidade no PET.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados dos ensaios foram determinados a partir da média aritmética dos valores obtidos em cada um deles. Os resultados obtidos pelos dois materiais (PET e areia), e, pelas duas misturas (PET-cimento e Controle), foram comparados entre si, e, também, analisados em relação aos critérios da NBR:7211 (ASSOCIAÇÃO

³ O valor A/C de 0,65 foi escolhido por representar a quantidade de água que apresentou a melhor trabalhabilidade do cimento com PET durante a preparação das argamassas.

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), quanto aos agregados, e, da NBR:13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a) e da NBR:15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b) quanto as argamassas.

4.2 ANÁLISE ECONÔMICA

Para a contabilização dos custos do PET-cimento, inicialmente, foi realizada a precificação dos materiais envolvidos, em R\$ por Kg, pelo levantamento de valores dos bancos de dados da Agência Nacional de Mineração (AMN, 2020), Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2020), Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2020) e Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento (SINAPROCIM, 2020). A Tabela 5 mostra os valores médios (R\$ por Kg), em função da variável atribuída para cada material, nos períodos de análise e fonte.

Tabela 5 – Custo dos materiais empregados em R\$ por kg (variáveis) nas argamassas.

Materiais	Variáveis	Preço médio (R\$ por Kg)	Período	Fonte
Areia média	P_A	0,01	2014 - 2020	ANM, 2020
PET (<i>flake</i>)	P_P	0,05	2014 - 2019	CEMPRE, 2020
Cimento CP II	P_C	0,31	2014 - 2020	CBIC, 2020
Aditivo	P_D	6,71	2004 - 2020	SINAPROCIM, 2020

Fonte: Os autores.

Em seguida, foram deduzidos pelos autores, dois modelos matemáticos, a partir das proporções volumétricas dos materiais nas argamassas. Para tanto, foram atribuídos “pesos” às variáveis de entrada, segundo a Tabela 3 e a quantidade de RA2-R utilizada em cada mistura. Nestes algoritmos, as unidades das variáveis de entrada: custo e densidade foram fixadas em R\$ por litro e g/cm³.

Estes algoritmos foram desenvolvidos utilizando proporções volumétricas, devido a densidade do PET ser quase a metade da areia mineral (DE CORT *et al.*, 2017; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), inviabilizando cálculos utilizando o peso de cada material como variável de entrada. As Equações (1) e (2), apresentam estes modelos.

$$V_{PET-cimento} = \frac{2}{3} \left(\frac{P_P}{D_P} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{P_C}{D_C} \right) + \frac{1}{30} \left(\frac{P_D}{D_D} \right) \quad (1)$$

$$V_{Controle} = \frac{2}{3} \left(\frac{P_A}{D_A} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{P_C}{D_C} \right) + \frac{1}{30} \left(\frac{P_D}{D_D} \right) \quad (2)$$

Onde $V_{PET-cimento}$ e $V_{Controle}$ são os custos em R\$ por litro das argamassas de PET-Cimento e Controle, respectivamente, em que P_P , P_C , P_D e P_A representam os valores em R\$.kg, dos materiais utilizados (Tabela 5), e, D_P , D_C , D_D e D_A , as suas densidades (em g/cm³), apresentadas a seguir neste artigo.

5 RESULTADOS

5.1 PROPRIEDADES FÍSICAS DOS AGREGADOS E ARGAMASSAS

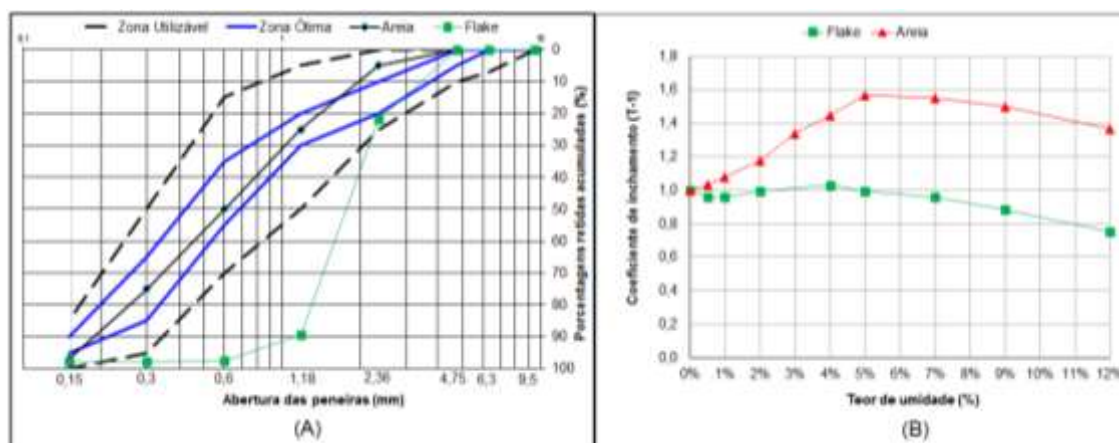
As características dos agregados são apresentadas na Figura 4(A) (composições granulométricas) e na Figura 4(B) (curvas de inchamento). Na Tabela 6, são mostradas as propriedades físicas dos agregados.

Tabela 6 - Propriedades físicas dos agregados.

Propriedade	Agregado analisado		Critério NBR:7211 (2009)
	PET	Areia	
Material pulverulento (%)	0,01 ± 0,00	1,68 ± 0,01	< 5
Massa unitária Método A (kg/m ³)	530 ± 10	1290 ± 15	> 1,00
Massa unitária Método C (kg/m ³)	580 ± 11	1460 ± 10	> 1000
Massa unitária SSS (kg/m ³)	544 ± 21	1350 ± 20	-
Índice de vazios (%)	75,82 ± 0,5	48,78 ± 0,3	-
Densidade (g/cm ³)	1,32 ± 0,01	2,57 ± 0,01	> 1,0
Umidade crítica (%)	4,01 ± 0,01	4,9 ± 0,5	-
Coefficiente de inchamento (T-1)	1,05 ± 0,05	1,64 ± 0,05	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

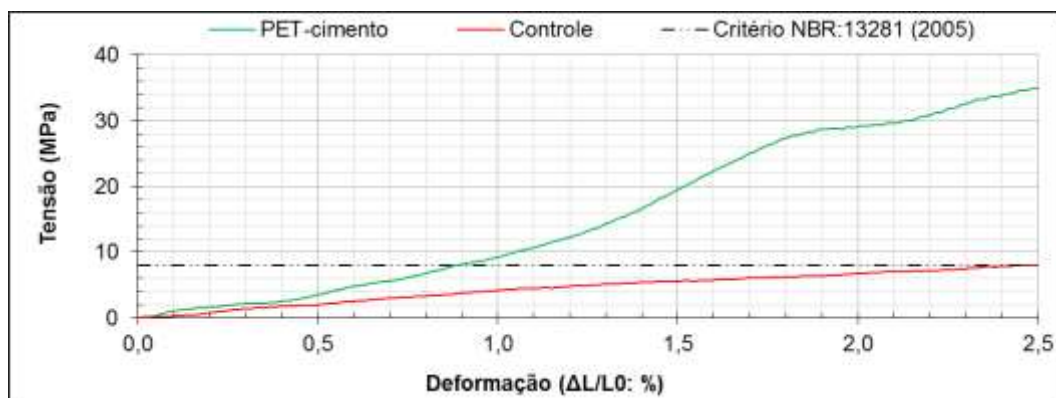
Figura 4 - Composição granulométrica e curva de inchamento dos agregados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação aos testes das argamassas, o gráfico da Figura 5 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão e a Tabela 7, é apresentada as demais propriedades físicas.

Figura 5 - Resistência à compressão das argamassas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7 - Propriedades físicas das argamassas.

Propriedades	Argamassas		Critério	
	PET-cimento	Controle	NBR:13281	NBR:15220-2 ⁴
Resistencia máxima (MPa)	34,93 ± 0,18	8,21 ± 0,12	> 8 ⁵	-
Peso CP seco (g)	357,36 ± 0,08	520,98 ± 0,07	-	-
Peso CP saturado (g)	395,23 ± 0,05	576,20 ± 0,02	-	-
Retenção (%)	10,6 ± 0,7	11,9 ± 0,8	≤ 78	-
Condutividade (W/m.K)	0,16 ± 0,09	1,00 ± 0,08	-	< 1,15
Resistencia térmica (K/W)	0,32 ± 0,08	0,05 ± 0,01	-	< 0,61

Fonte: Elaborado pelos autores.

5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA DA ARGAMASSA PET-CIMENTO

A Tabela 8 apresenta os valores em R\$ por litro, das argamassas aqui analisadas, segundo as Equações (1) e (2) e as densidades dos materiais empregados. Já a Tabela 9, apresenta um comparativo entre os custos das duas argamassas.

Tabela 8 - Custo das argamassas.

Materiais	Variável	Densidade (g/cm ³)	Preço médio (R\$ por litro)
Areia média grossa	D_A	2,57	0,03
PET (flake)	D_P	1,32	0,07
Cimento CP II	D_C ⁶	2,82	0,88
Aditivo	D_D ⁷	2,33	15,67
PET-cimento	$V_{PET-cimento}$	-	0,14
Controle	$V_{Controle}$	-	0,16

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 9 - Diferença de custos entre PET-Cimento e Controle.

Argamassas	Valores R\$ por litro	Diferença Absoluta R\$ por litro	Diferença Relativa %
Controle	0,14	0,02	15
PET-cimento	0,16		

Fonte: Elaborado pelos autores.

⁴ Estes critérios se referem a materiais de construção considerados como ótimos isolantes térmicos.

⁵ O critério de resistência desta norma se refere a argamassa utilizada em uma gama de aplicações em uma obra.

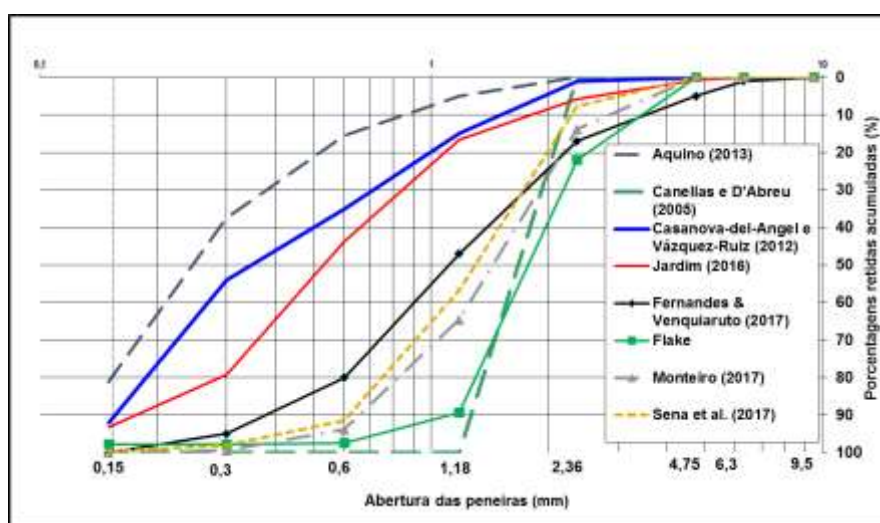
⁶ A densidade do cimento foi obtida diretamente do seu fabricante.

⁷ A densidade do aditivo foi obtida diretamente do seu fabricante.

5 DISCUSSÕES E COMPARAÇÕES

Destes resultados, observa-se que apesar das propriedades físicas do flake atender aos critérios da NBR:7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), o PET não se enquadrava nos limites granulométricos para agregados miúdos. Entretanto, isto não afetou as características da argamassa PET-Cimento, pois esta obteve uma resistência 3 vezes maior, e, um isolamento térmico 5 vezes superior, em relação aos resultados obtidos pela argamassa de Controle. Esta argamassa, ainda, apresentou um peso 30% inferior ao Controle e uma retenção dentro dos limites da NBR:13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a). Outrossim, de maneira comparativa à literatura, pode-se traçar um paralelo entre as propriedades determinadas por outros autores, como mostram a Figura 6 e as Tabelas 10 e 11.

Figura 6 - Composição granulométrica do PET, segundo diversos autores.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 10 – Panorama comparativo das propriedades do PET com a literatura.

Autor	Densidade (g/cm ³)	M. unitária (kg/m ³)	Mat. pulverulento (%)	Tipo
Obtido	1,32	580	0,01	flake
Canellas e D'Abreu (2005)	-	425	-	lã
Choi et al. (2005)	1,39	844	4,11	borra
Casanova-del-Angel e Vázquez-Ruiz (2012)	1,3	760	-	flake
Yao et al. (2014)	1,35	-	-	grão ⁸
Jardim (2016)	1,36	280	-	pó ⁹

Fonte: Elaborado pelos autores.

⁸ Matéria prima para indústria têxtil, segundo Park e Kim (2014), obtido pela reciclagem mecânica do PET.

⁹ Subproduto da reciclagem do PET, segundo Park e Kim (2014).

Tabela 11 – Panorama comparativo das propriedades da argamassa com a literatura.

Autor	Resistência	Resistência	Condutividade	Taxa	Tipo
	máxima – sem PET MPa	máxima – com PET MPa			
Obtido	8,21	34,93	0,16	100	flake
Yao <i>et al.</i> (2014)	-	24,21	-	70	grão
Choi <i>et al.</i> (2005)	37,2	31,8	-	50	borra
Monteiro (2017)	38,5	19,7	0,92	20	flake
Fernandes e Venquiaruto (2017)	37,0	32,5	-	15	pó
Modro <i>et al.</i> (2009)	15,1	13	-	10	flake
Tolentino e Bastos (2007)	-	-	1,1	5	fibras

Fonte: Elaborado pelos autores.

Deste panorama comparativo são observadas semelhanças entre as características do PET e argamassa, com a literatura pesquisada. Segundo a Tabela 11, são confirmadas tendências de melhoria no isolamento térmico, em função do aumento da taxa de substituição do PET. Esta característica também é observada por Almeshal *et al.* (2020). Todavia, a questão da resistência à compressão ainda é muito discutida entre autores. Entretanto, tal característica não é importante, do ponto de vista comercial, uma vez que a NBR:15116 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), restringe o uso de materiais reciclados em concretos sem função estrutural, não havendo tal restrição ao uso, em relação às argamassas, contudo, os isolantes térmicos com peso inferior, são mais atraentes, ao reduzir custos de transporte e melhorar a eficiência térmica das edificações.

Em relação ao custo efetivo em R\$/l, a argamassa PET-Cimento se mostrou 15% mais onerosa que a argamassa convencional (Controle). Uma diferença que pode parecer importante à primeira vista, porém, considerando as economias geradas no equilíbrio térmico da edificação e no transporte, bem como do apelo ecológico deste material de construção, tal diferença pode ser considerada aceitável no mercado atual, como sublinham Robichaud, Anantatmula (2011) e Imbabi *et al.* (2013).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos resultados e discussões realizadas neste presente artigo, considera-se uma potencial viabilidade técnica do uso de resíduos de PET, como agregado em argamassas de cimento Portland, segundo os critérios das principais normas brasileiras, para agregados e argamassas. Apesar do ganho de resistência à compressão, tal como se espera, de um material compósito, este é discutível entre outros resultados presentes na literatura pesquisada. Por sua vez, o seu ganho em isolamento térmico é ratificado, constituindo uma vantagem para materiais de acabamento e revestimento, que compensaria o custo 15% mais elevado de produção, em relação à argamassa convencional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário mineral: agregados para a construção civil**: banco de dados de 2014-2020. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/sumarios/>. Acesso em: 18 jan. 2021.

ALBUQUERQUE, B. A. **Resíduos sólidos urbanos: uma abordagem da relevância, caracterização e impactos em Três Lagoas, MS**. 2016. 134 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2016.

ALFAHDAWI, I.H. *et al.* Utilizing waste plastic polypropylene and polyethylene terephthalate as alternative aggregates to produce lightweight concrete: a review. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 11, n. 8, p. 1165-1173, 2016.

ALMESHAI, I. *et al.* Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: A review. **Construction and Building Materials**, v. 253, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119146>.

ARMANGE, L. C. *et al.* Utilização de Areia de Fundição Residual para uso em Argamassa. **Revista Matéria**, v. 10, n. 1, p. 51-62, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: agregados - determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: concreto –ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018b. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6467**: agregados - determinação do inchamento de agregado miúdo - método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 7211**: Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768-1**: aditivos químicos para concreto de cimento Portland parte 1 - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**: argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: desempenho térmico de edificações - parte 2 - métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b. 34 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-4**: desempenho térmico de edificações - parte 4 - medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: cimento Portland - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018a. 16 p.

BARBOZA, D.V. *et al.* Aplicação da Economia Circular na Construção Civil. **Res. Soc. Dev.**, v. 8, n. 7, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i7.1102>.

BARBOSA, G.S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Visões**, v. 1, n. 4, 2008.

BIGOTTO, S.A.M. *et al.* Produção de Argamassas com Substituição Parcial de Areia Natural por Resíduo de PET. **ANAP Brasil**, v. 12, n. 25, p. 28-41, 2019.

BINA, P. **Metodologia de utilização de rejeitos industriais na pavimentação: estudo de caso de uso de areia de fundição**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Habitação) – Engenharia de Habitação, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2002.

CALLISTER Jr., W.D.; RETHWISCH, D.G. **Materials science and engineering an introduction**. 8.ed. EUA: Willey, 2010. 1000 p.

CANELLAS, S.S.; D'ABREU, J.C. Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, ENTMME, 21., 2005, Natal. **Anais [...]**. Natal: ENTMME, 2005, p. 299-304.

CASANOVA-DEL-ANGEL, F.; VÁZQUEZ-RUIZ, J.L. Manufacturing light concrete with PET aggregate. **International Scholarly Research Network**, v. 2012, ID 287323, 2012. <http://dx.doi.org/doi:10.5402/2012/287323>.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO consumo, produção e valores de materiais de construção: banco de dados cimento. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>. Acesso em: 18 maio 2020.

CEMPRE. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Biblioteca-acervo: banco de dados**. Disponível em: <http://cempre.org.br/biblioteca>. Acesso

em: 18 maio 2020.

CEMPRE. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Anuário da Reciclagem 2017-2018**. São Paulo: ANCAT, 2020. Disponível em: <https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/2-Anu%C3%A1rio-da-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 17 maio 2020.

CHOI, Y. *et al.* Effects of waste PET bottles aggregate on the properties. **Cement and Concrete Research**, v. 35, p. 776-781, 2005.
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.cemconres.2004.05.014>.

DE CORT, S. *et al.* **Packaging Materials**: Polyethylene Terephthalate (PET) for Food Packaging Applications. Report to Commissioned by the packaging materials task force. Brussels: ILSI Europe, 2017. 27 f. (ILSI Europe Report Series).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODÁGEM. **ME 084**: agregado miúdo - determinação da densidade real. Rio de Janeiro: DNER, 1995. 3 p.

DYER, P. P. O. L.; MANCINI, S.D. A utilização de resíduos de pet poli (tereftalato de etileno) como agregado em argamassa. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

FERNANDES, A. P.; VENQUIARUTO, S.D. Influência da utilização de agregado reciclado de pet na resistência a compressão simples do concreto. *In*: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, SIEPE, 9., 2017, Santana do Livramento. **Anais [...]**. Santana do Livramento: SIEPE, 2017.

FLORES, A.; CALLEJA, F. J. B. Mechanical properties of poly(ethylene terephthalate) at the near surface from depth-sensing experiments. **Philosophical Magazine A**, v. 78, n. 6, p. 1283-1297, 1998.
<http://dx.doi.org/doi:10.1080/01418619808239987>.

FORMIGONI A.; FORTES, R. P. A perspectiva de crescimento da utilização do PET (Poli Tereftalato de Etileno) reciclado e qual a consequência na geração de recursos para os catadores. *In*: V SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, SEGET, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SEGET, 20-22 de out, 2008.

IMBABI, M. S. *et al.* Trends and developments in green cement and concrete technology International. **Journal of Sustainable Built Environment**, v. 2012, n. 1, p. 194–216, 2013. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.ijsbe.2013.05.001>.

JARDIM, R. R. **Estudo da viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado de pet em concretos convencionais**. 2016. 71 f. Trabalho Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, 2016.

JUCÁ, P. H. O. **Estudo das propriedades mecânicas em diferentes temperaturas**

do pet e ensaios de arrancamento com tratamento mecânico em matriz cimentícia a base de cimento Portland. 2017. 99 f. Trabalho Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, 2017.

KOSCHEVIC, M. T.; BITTENCOURT, P. R. S. Meio ambiente e materiais poliméricos: breves considerações com ênfase ao Politereftalato de Etileno (PET) e processos de degradação. **R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol.**, Medianeira, v. 2, n. 14, p. 60-80, 2016.

KUMAR B.M. *et al.* Studies on biodegradation of plastic packaging materials in soil bioreactor. **Indian Journal of Advances in Chemical Science**, v. 1, p. 297-299, 2016.

LENNON, B. *et al.* Performance enhancement of concrete through the use of waste injection molding pellets: a preliminary study of viability. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, v. 6, p. 49-61, 1993. doi: 0892-7057/93/01 0049-13p

LIMA D. S. *et al.* Estudo comparativo entre o concreto leve de PET e o concreto leve de EPS. **Rev. Cienc. Exatas Tecnol.**, v. 13, n. 13, p. 23-28, 2018. doi: 10.17921/1890-1793.2018v13n13p23-28

DUARTE, E. B. L. **Resistência à compressão de argamassa composta por resíduo de construção e demolição e politereftalato de etileno.** 2014. 165 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade) - Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.

LIU, S. J. **Polymer cement concrete composites.** 1988. 98 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculty of The Graduate School, New Jersey Institute of Technology, New Jersey, 1988.

MEIER, M.A. *et al.* Sociedade moderna industrial e a educação ambiental: desafios industriais – ambientais do Corede vale do rio dos sinos. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v.1, n. especial, p. 348-363, 2014.

MODRO, N. L. R. *et al.* Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. **Revista Matéria**, v. 14, n. 1, p. 725-736, 2009.

MONTEIRO, L. L. C. **Uso de resíduos de embalagens pet em betões.** 2017. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2017.

PARK, S. H.; KIM, S. H. Poly (ethylene terephthalate) recycling for high value added textiles. **Fashion and Textiles**, v. 1, n. 1, 2014. <http://dx.doi.org/doi:10.1186/s40691-014-0001-x>.

PASTOR, J. S. *et al.* Aplicação do PET na construção de residências. *In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS 10.*, 2019, Joao Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: Instituto Venturi Para Estudos Ambientais, 2019. Disponível em: <http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/view/1385> Acesso em: maio 2020.

PEDRUZZI, A. N. *et al.* Educação ambiental e crise estrutural do capital. *In:* CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, EDUCERE, 11., 2015, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: EDUCERE, 2015.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió, AL: UFAL, 2005.

PROCÓPIO FILHO, A. *et al.* **Ciência, Ética e Sustentabilidade**. 2.ed. Brasília-DF: Cortez editora, 2001.

REIS, M. L.; CARNEIRO, E. P. Evaluation of PET waste aggregates in polymer mortars. **Construction and Building Materials**. v. 27, n. 1, p. 107-111, 2012.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.020>.

ROBICHAUD, L. B.; ANANTATMULA, V. S. Greening project management practices for sustainable construction. **J. Manage. Eng.**, v. 27, n. 1, p. 48-57, 2011.
[http://dx.doi.org/doi:10.1061/ ASCE ME.1943-5479.0000030](http://dx.doi.org/doi:10.1061/ASCE_ME.1943-5479.0000030).

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. A influência dos padrões de consumo na geração de resíduos sólidos dentro do sistema urbano. **Redes**, v. 13, n. 3, p. 5 -13, 2008.

SINAPROCIM. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE CIMENTO. **Índice Sinaprocim**: banco de dados. Disponível em:
<http://sinaprocim.org.br/portal/atividades/aspectos-economicos/indice-sinaprocim/>.
Acesso em: 18 maio 2020.

SIQUEIRA, J. S., *et al.* Reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassas. **Cerâmica**. v.58, n.346, p. 275-279, 2012.
<http://dx.doi.org/doi:10.1590/S0366-69132012000200020>.

TOLENTINO, E.; BASTOS, S. C. L. P. Avaliação de desempenho de concretos de cimento Portland, reforçados com fibras de PET, por ensaios de ultra-sonografia e condutividade térmica. **Principium Online**, v. 1, n. 2, p.57-66, 2007.

YAO, Z. *et al.* Mix proportion design and mechanical property of recycled Polyethylene terephthalate concrete. **Recent Developments in Evaluation of Pavements and Paving Materials**. Special Publication, p. 89-97, 2014.
<http://dx.doi.org/doi:10.1061/9780784478493.012>.

USO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA NA DESIGNAÇÃO DE ENCARGOS DIDÁTICOS: UM ESTUDO DE CASO

USE OF THE INTEGER LINEAR PROGRAMMING IN THE DESIGNATION OF DIDACTICAL ASSIGNMENTS: A CASE STUDY

Ana Paula Moreira¹
Daniele Silva²
José Carlos de Moraes Filho³

Resumo: A proposta deste trabalho é a apresentação de um modelo de programação linear inteira para o problema de designação de encargos didáticos em uma instituição de ensino superior que maximize as preferências e habilidades dos professores. Para validação e avaliação da eficácia do modelo foi realizado um estudo de caso preliminar no Departamento de Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procópio. Neste contexto, os resultados obtidos são promissores, com melhoras em índices relacionados à satisfação, habilidade e carga horária docente em comparação com a designação manual adotada pelo departamento e também com outra formulação para o problema apresentada na literatura.

Palavras-chave: Modelagem matemática. Programação linear inteira. Designação de encargos didáticos.

Abstract: This paper aim is to present an integer linear programming model to the problem of the designation of didactical assignments in a university that maximizes professor's abilities and preferences. To validate and evaluate the effectiveness of the model, a preliminary case study was carried out at the Department of Mathematics of the Federal Technological University of Paraná - Cornélio Procópio Campus. In this context, the results obtained are promising, with improvements in indexes related to satisfaction, skill and teacher workload compared to the manual designation adopted by the department and also with another formulation for the problem presented in the literature.

Key words: Math modeling. Integer linear programming. Designation of didactical assignments.

Data de submissão: 14.10.2020

Data de aprovação: 08.02.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2557>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2557>).

¹ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática na Universidade Estadual de Londrina (UEL), E-mail: ana_moreira@live.com.

² Professora adjunta na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procópio, E-mail: danielesilva@utfpr.edu.br.

³ Pós-graduando no Programa de Pós-Graduação em Gestão de Projetos pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), E-mail: josecarlosdemoraesfilho@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A designação de encargos didáticos é uma prática comum e necessária em toda instituição de ensino antes do início de cada período letivo. Apesar de ser uma atividade bem definida, sua alta complexidade computacional (EVEN; ITAI; SHAMIR, 1975) e as diversas nuances de acordo com as particularidades de cada instituição, desperta desde a década de 60 (GOTLIEB, 1963; CSIMA; GOTLIEB, 1964; WELSH; POWELL, 1967) o interesse de diversos pesquisadores na busca de modelos e técnicas de resolução mais representativos e eficientes.

Nesse sentido, diversos métodos e algoritmos podem ser aplicados na modelagem e resolução deste problema, tais como: Algoritmos Exatos, Heurísticas e Metaheurísticas - *Simulated Annealing*, Algoritmos Genéticos, Busca Tabu, GRASP (Procedimento de Busca Gulosa Adaptativa Aleatória), Colônia de Abelhas, e Abordagens Híbridas, entre outros (PILLAY, 2013).

Neste trabalho, o enfoque são algoritmos exatos, mais especificamente algoritmos e modelos de Programação Linear e suas variações. A Programação Linear é uma subárea da Pesquisa Operacional que consiste na modelagem e resolução de problemas que envolvem a minimização (ou maximização) de uma função linear, sujeita a restrições também lineares. Quando as variáveis desses problemas devem assumir valores inteiros estes são denominados problemas de Programação Linear Inteira e se algumas variáveis devem ser inteiras e as demais não tem essa obrigatoriedade tem-se problemas de Programação Linear Inteira Mista.

Nesse contexto, os primeiros trabalhos foram desenvolvidos por Lawrie (1969) e Akkoyunlu (1973) os quais apresentaram modelos de Programação Linear Inteira para algumas versões do problema e obtiveram bons resultados computacionais para a época. No cenário de uma universidade, o trabalho desenvolvido em Breslaw (1976) foi um dos pioneiros. Neste é apresentada uma solução para o problema utilizando Programação Linear.

Com os progressos na capacidade de resolução e avanços tecnológicos se tornou possível a modelagem por meio da Programação Linear e Programação Linear Inteira com considerações práticas, o que torna os modelos mais representativos, como os apresentados em Birbas, Daskalaki e Housos (1997) e Avella e Vasil'Ev (2005). Mais recentemente, tem-se os trabalhos de Ferreira *et al.* (2011) que usam Programação Linear Inteira com o objetivo de maximizar a satisfação dos professores; Heitmann e Brüggemann (2013) que formularam um modelo de Programação Linear Inteira Mista, no qual os estudantes podem especificar individualmente suas preferências para classes e grupos, obtendo resultados satisfatórios; Domenech e Lusa (2015) que também utilizaram Programação Linear Inteira Mista para designação de aulas a professores universitários com bons resultados; Abdellahi e Eledum (2017) que utilizaram Programação Linear Inteira com o intuito de minimizar o tempo de espera entre as aulas para alunos e professores, dentre diversos outros trabalhos, o que mostra que o tema é atual e relevante.

No presente trabalho, o problema de designação de encargos didáticos é abordado tomando como estudo de caso a distribuição de disciplinas de graduação à professores do Departamento Acadêmico de Matemática (DAMAT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Cornélio Procópio, no primeiro semestre letivo de 2017. É proposto um modelo de Programação Linear Inteira que visa a maximização da satisfação docente e atribuição de disciplinas aos mesmos considerando a habilidade em ministrá-las. É válido ressaltar que é possível adaptar o modelo para o uso em outras instituições de ensino.

A organização deste trabalho se faz na seguinte ordem, na Seção 2 é apresentado o modelo de Programação Linear Inteira proposto; na Seção 3 é apresentada a contextualização do estudo de caso e o processo da coleta de dados necessária para a realização do estudo; a análise dos resultados é realizada na Seção 4; e as considerações finais são apresentadas na Seção 5.

2 MODELO MATEMÁTICO

De acordo com Carvalho (2011) três aspectos básicos devem ser observados ao formular e solucionar o problema de designação de encargos didáticos, são eles: aspectos organizacionais, aspectos pedagógicos e aspectos pessoais. Os aspectos organizacionais são relativos à instituição de ensino, referem-se às normas vigentes da instituição que devem ser respeitadas. Os aspectos pedagógicos referem-se ao desenvolvimento de um ensino de qualidade. E por fim, os aspectos pessoais são relacionados as preferências e/ou necessidades do corpo docente e estudantes.

Levando em conta estes três aspectos, o modelo matemático desenvolvido neste trabalho, o qual tem como base a formulação básica apresentada em Ferreira *et al.* (2011), considera que T turmas devem ser divididas para P professores em H horários ao longo de D dias semanais. Para a atribuição professor turma utiliza-se a variável de decisão binária $x(p, t)$, tal que, para todo $p = 1, \dots, P$ e $t = 1, \dots, T$, tem-se: $x(p, t) = 1$ se o professor p assume a turma t e $x(p, t) = 0$ caso contrário.

Os horários de cada turma são fixados e armazenados da seguinte forma: $HT(t, h, d) = 1$ se a turma t tem aula no horário h no dia d e $HT(t, h, d) = 0$ caso contrário; para todo $t = 1, \dots, T$, $h = 1, \dots, H$, $d = 1, \dots, D$.

De forma similar, a disponibilidade do professor p em assumir a turma t no horário h e dia d é armazenada como: $D(p, h, d) = 1$ se o professor p tem disponibilidade no horário h e dia d e $D(p, h, d) = 0$ caso contrário; para todo $p = 1, \dots, P$, $h = 1, \dots, H$, $d = 1, \dots, D$.

A carga horária atribuída a cada docente deve estar compreendida entre um valor mínimo $H_{min}(p)$ e um valor máximo $H_{max}(p)$ os quais são definidos pela instituição.

Além destes fatores, considera-se a preferência do professor p em assumir uma turma t , a qual é dada por um peso $e(p, t)$, que assume valores inteiros que variam de 0 a 5, onde 0 indica nenhum interesse e 5 maior preferência; e também a habilidade do professor p em ministrar a disciplina relacionada à turma t , que é avaliada pelo peso $a(p, t)$, que é um número inteiro o qual varia de 0 a 2, onde 0 é a circunstância em que o professor não possui habilidade em ministrar a disciplina e 2 que indica maior habilidade em lecionar a disciplina. O objetivo do modelo é maximizar a habilidade e satisfação total dos professores em relação às disciplinas, os quais são dados por:

$$\sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T ((1 - \lambda)e(p, t) + \lambda a(p, t))x(p, t). \quad (1)$$

Onde $0 \leq \lambda \leq 1$ é um parâmetro que determina se será dada uma maior prioridade à habilidade ou à satisfação. Note que quanto maior o valor atribuído a λ o modelo priorizará a habilidade do professor e quanto menor a satisfação.

Assim, temos a seguinte formulação:

$$\text{Maximizar } \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T ((1 - \lambda)e(p, t) + \lambda a(p, t))x(p, t) \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{t=1}^T HT(t, h, d)x(p, t) \leq 1, \text{ para todo } t, h, d \quad (3)$$

$$\sum_{p=1}^P x(p, t) = 1, \text{ para todo } t \quad (4)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \sum_{d=1}^D HT(t, h, d)x(p, t) \geq H_{min}(p), \text{ para todo } p \quad (5)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \sum_{d=1}^D HT(t, h, d)x(p, t) \leq H_{max}(p), \text{ para todo } p \quad (6)$$

$$(D(p, h, d) - HT(t, h, d))x(p, t) \geq 0, \text{ para todo } p, t, d, h \quad (7)$$

$$x(p, t) = 0 \text{ ou } 1, \text{ para todo } p, t. \quad (8)$$

As restrições (3) e (4) são básicas para a elaboração de um quadro de horários, a primeira exige que o professor não possa assumir mais de uma turma em um mesmo horário e dia; e a segunda garante que nenhuma turma ficará sem professor. Já as restrições (5) e (6) garantem que a carga horária semanal de cada professor estará compreendida entre valores mínimo e máximo pré-estabelecidos. O conjunto de restrições (7) impede que um professor assuma uma turma em um horário em que o mesmo não possua disponibilidade. Por fim, a restrição (8) define as variáveis como binárias.

3 ESTUDO DE CASO

Com intuito de avaliar a eficácia do modelo apresentado na Seção 2, este foi testado utilizando dados da distribuição de disciplinas do primeiro semestre letivo de 2017 do Departamento Acadêmico de Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Cornélio Procopio (DAMAT). Neste semestre foram distribuídas manualmente por meio de uma comissão, 90 turmas de graduação a 32 professores em 15 horários em cada um dos 5 dias semanais.

Para tanto, foi necessário realizar um levantamento acerca da preferência e da disponibilidade de horário de cada professor e também uma avaliação de sua habilidade em ministrar uma determinada disciplina.

Os dados referentes à preferência e disponibilidade foram coletados por meio de um formulário eletrônico, no qual cada docente se identificava, informava sua disponibilidade de horário, se atua em programa de pós-graduação e/ou possui cargo administrativo, visto que pelo regulamento da instituição (UTFPR, 2007) estes fatores interferem na carga horária do docente; e atribuía um peso de 0 a 5 às turmas indicando sua preferência conforme explanado na Seção 2.

É válido ressaltar que neste trabalho considera-se turma a oferta de uma determinada disciplina a um determinado curso de graduação do campus. Por exemplo, Cálculo Numérico para Engenharia Elétrica é uma turma, Cálculo Numérico para Licenciatura em Matemática é outra turma. O período do curso, dias da semana e horários em que esta oferta é realizada são determinados e fixados previamente pelas coordenações dos respectivos cursos. E com o porte destas informações, os

professores manifestaram sua preferência.

Para a avaliação da habilidade foi feita uma análise curricular com base no Currículo Lattes de cada docente. Nesse sentido, atribuiu-se pesos de 0 a 2 às turmas seguindo os seguintes critérios:

Peso 0: se a disciplina relacionada à turma não pertence a área de atuação docente e o mesmo não possui experiência curricular relacionada à disciplina;

Peso 1: se a disciplina relacionada à turma não pertence a área de atuação docente, no entanto o mesmo possui experiência curricular com a disciplina;

Peso 2: se a disciplina relacionada à turma pertence a área de atuação do docente.

Com isso, foram realizados experimentos computacionais com variações de um décimo no valor do parâmetro λ . Os mesmos foram executados em uma plataforma Intel Core i3, 2.30GHz com 4,00 GB de memória RAM em um sistema operacional Windows de 32 Bits, com apoio do GLPK (GNU Linear Programming Kit)⁴ pacote desenvolvido para a resolução de problemas de programação linear e programação inteira mista de grande porte e outros problemas relacionados.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A presente análise considera a comparação entre a designação manual de encargos didáticos realizada no primeiro semestre letivo de 2017 frente ao modelo proposto neste trabalho.

Para isso, foram considerados três fatores: habilidade, satisfação e carga horária. As características e relevâncias de cada um destes fatores são descritas a seguir.

4.1 HABILIDADE

Um fator importante a ser considerado na designação de disciplinas é a habilidade do professor em ministrá-las. Ou seja, atribuir disciplinas com as quais o docente possua experiência curricular e/ou que estejam relacionadas com sua área de formação e atuação profissional. Devido a esta relevância a habilidade é um dos parâmetros da análise dos resultados obtidos por meio dos testes computacionais. Para tal, considerou-se a Habilidade Global, isto é, a soma de todos os pesos $a(p, t)$ atribuídos aos professores; a percentagem de aumento da habilidade global em relação a designação manual, o Índice Médio de Habilidade e a Análise de Variância (VIEIRA, 2006) dos mesmos.

O Índice Médio de Habilidade (IH) é calculado da seguinte forma: considera-se que ao professor p foram atribuídas $q(p)$ turmas não obrigatoriamente as de sua maior habilidade, também, considere que as $q(p)$ turmas de sua maior habilidade sejam $t_1, t_2, \dots, t_{q(p)}$. O índice de habilidade individual $I(h)$ é dado pela razão entre a soma dos pesos das $q(p)$ turmas designadas ao professor p , e o peso máximo se as $q(p)$ turmas designadas a ele fossem as de sua maior habilidade, ou seja $I(h) =$

4 MAKHORIN, Andrew. **GLPK (GNU Linear Programming Kit)**. Moscow, Russia: Department for Applied Informatics, Moscow Aviation Institute, c2012. Disponível em: www.gnu.org/software/glpk. Acesso em: 13 ago. 2021.

$$\frac{\sum_{t=1}^T a(p,t)x(p,t)}{\sum_{j=1}^{q(P)} \sum_{t=1}^T a(p,t_j)}$$

A média dos índices $I(h)$ resulta no Índice Médio de Habilidade dos professores, $IH = \frac{1}{p} \sum_{p=1}^P I(h)$. A Habilidade Global, a percentagem de aumento e o Índice Médio de Habilidade são apresentados na Tabela 1.

Para a Análise de Variância foi considerado como grupo a forma de designação, ou seja, se a mesma foi manual ou utilizando o modelo proposto com as variações no valor do parâmetro λ . Desse modo, foi necessário o cálculo dos Graus de Liberdade (GL) entre os grupos (GL_G), que é o número de grupos menos um, e dentro dos grupos (GL_R) que é o total de dados menos o número de grupos; da Soma de Quadrados (SQ) entre os grupos (SQ_G) e dentro dos grupos (SQ_R), obtendo a medida da variabilidade dos dados em ambos os casos; do Quadrado Médio (QM) entre os grupos ($QM_G = \frac{SQ_G}{GL_G}$) e dentro dos grupos ($QM_R = \frac{SQ_R}{GL_R}$); e da estatística $F = \frac{QM_G}{QM_R}$, a qual é utilizada para verificar se há ou não uma diferença significativa nos índices de habilidade entre os grupos. Estes dados são apresentados na Tabela 2.

A Soma de Quadrados entre os grupos (SQ_G) é dada por $SQ_G = \sum_{G=1}^{11} n_G (IH_G - IH_M)^2$, onde G é o número de grupos, (n_G) o número de elementos do grupo G , IH_G o Índice Médio de Habilidade do grupo G e IH_M a média dos IH_G . E a Soma de Quadrados dentro dos grupos (SQ_R) é dada por $SQ_R = \sum_{G=1}^{11} n_G (I(h)_{Gk} - IH_G)^2$, onde $I(h)_{Gk}$ é o Índice de Habilidade Individual k do grupo G .

Tabela 1 – Tabela de Habilidade.

Grupo	Modelo	Habilidade Global	Aumento da Habilidade Global (%)	Índice Médio (IH)
1	1º Semestre de 2017	173	-	0,9766
2	$\square = 0$	151	-12,72	0,8451
3	$\square = 0,1$	177	2,31	0,9948
4	$\square = 0,2$	177	2,31	0,9948
5	$\square = 0,3$	177	2,31	0,9948
6	$\square = 0,4$	177	2,31	0,9948
7	$\square = 0,5$	177	2,31	0,9948
8	$\square = 0,6$	177	2,31	0,9948
9	$\square = 0,7$	177	2,31	0,9948
10	$\square = 0,8$	178	2,89	1,000
11	$\square = 0,9$	178	2,89	1,000

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Quadro de Análise de Variância - Habilidade.

Origem de Variações	Grau de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F	F - crítico □ = 0,05
Entre Grupos	10	0,6577	0,0658	9,1429	1,8585
Dentro dos Grupos	341	2,4529	0,0072		
Total	351	3,1105			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por meio da Tabela 1 é possível observar que em todos os testes, exceto para $\lambda = 0$ (formulação apresentada em Ferreira *et al.* (2011)) em que houve redução de 12,72% da habilidade global em relação à designação manual e de 15% em relação aos demais testes, o modelo proposto apresenta melhoras neste índice, um aumento de em média 2,44%, e conseqüentemente, no índice médio de habilidade. É válido ressaltar que para $\lambda = 0,8$ e $\lambda = 0,9$ o índice médio é igual a 1, ou seja, as disciplinas relacionadas às turmas designadas a todos os professores foram as de sua maior habilidade.

Analisando a Tabela 2, nota-se que a estatística F é superior ao valor crítico para um nível de significância $\alpha = 0,05$, ou seja, uma confiabilidade de 95%. O que indica que há um grupo ou mais com índices de habilidade significativamente distintos.

Para identificação desses grupos foi realizado o Teste da Diferença Mínima Significativa - *Least Significant Difference (LSD) Test* (VIEIRA, 2006), o qual consiste em comparar todos os pares de média, no caso todos os pares IH , e caso o valor absoluto da diferença entre o par de médias for superior a diferença mínima significativa dada por $LSD = t\left(\frac{\alpha}{2}, GL_R\right) \sqrt{2 \frac{SQ_R}{n}}$ (onde t é o inverso bicaudal da distribuição t de Student, e n é o número total de dados), estas são significativamente diferentes. O resultado obtido para um nível de significância $\alpha = 0,05$, foi que os grupos relacionados à designação manual (Grupo 1) e a $\lambda = 0$ (Grupo 2), diferem significativamente entre si e dos demais grupos. O que confirma que realizar a distribuição de tarefas didáticas de forma manual ou pelo modelo básico apresentado em Ferreira *et al.* (2011), para este estudo de caso, interferiu negativamente nos índices de habilidade.

4.2 SATISFAÇÃO

Além da habilidade em ministrar determinada disciplina é essencial que o professor tenha interesse em lecioná-la. Nesse sentido, a satisfação docente também é um dos fatores da análise de resultados.

De forma similar à habilidade, considerou-se a Satisfação Global, isto é, a soma de todos os pesos $e(p, t)$ atribuídos aos professores, a percentagem de aumento da satisfação global em relação a designação manual, o Índice Médio de Satisfação e a Análise de Variância.

Para o cálculo do Índice Médio de Satisfação (*IS*) considera-se a atribuição de $q(p)$ turmas ao professor p , não necessariamente as de sua maior preferência, e que as $q(p)$ turmas de sua maior preferência são $t_1, t_2, \dots, t_{q(p)}$. Assim, tem-se o índice de satisfação individual $I(p) = \frac{\sum_{t=1}^T e(p,t)x(p,t)}{\sum_{j=1}^{q(p)} \sum_{t=1}^T e(p,t_j)}$, e o Índice Médio de Satisfação $IS = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P I(p)$. Estes dados são apresentados na Tabela 3.

Para a Análise de Variância novamente utilizou-se os valores dos Graus de Liberdade GL_G e GL_R , da Soma de Quadrados SQ_G e SQ_R , dos Quadrado Médios QM_G e QM_R , e da estatística F . Com a diferença que a SQ_G é dada por $SQ_G = \sum_{G=1}^{11} n_G (IS_G - IS_M)^2$, onde IS_G é o Índice Médio de Satisfação do grupo G e IS_M a média dos IS_G ; e a SQ_R dada por $SQ_R = \sum_{G=1}^{11} n_G (I(p)_{Gk} - IS_G)^2$, onde $I(p)_{Gk}$ é o Índice de Satisfação Individual k do grupo G . Estes dados são exibidos na Tabela 4.

Tabela 3 – Tabela de Satisfação.

Grupo	Modelo	Satisfação Global	Aumento da Satisfação Global (%)	Índice Médio (IS)
1	1º Semestre de 2017	421	-	0,9432
2	□ = 0	434	3,09	0,9729
3	□ = 0,1	429	1,90	0,9625
4	□ = 0,2	434	3,09	0,9729
5	□ = 0,3	434	3,09	0,9729
6	□ = 0,4	434	3,09	0,9729
7	□ = 0,5	434	3,09	0,9729
8	□ = 0,6	434	3,09	0,9729
9	□ = 0,7	434	3,09	0,9729
10	□ = 0,8	430	2,14	0,9677
11	□ = 0,9	429	1,90	0,9656

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Quadro de Análise de Variância - Satisfação.

Origem de Variações	Grau de Liberdade (GL)	Soma de Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F	F - crítico $\alpha = 0,05$
Entre Grupos	10	0,0262	0,0026	0,3555	1,8585
Dentro dos Grupos	341	2,5128	0,0074		
Total	351	2,5390			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Através da Tabela 3, observa-se que, em todos os testes o modelo proposto apresenta melhores resultados em relação à designação manual. O aumento da satisfação global foi de em média 2,76% e o melhor índice médio foi de 0,9729 obtido em 7 dos 10 testes realizados.

Por outro lado, mediante a Tabela 4, nota-se que o valor da estatística F é inferior ao valor crítico, um indicativo que não há diferença significativa entre as amostras de índices de satisfação.

Relacionando os dados das Tabelas 1 e 3 nota-se que é possível obter índices de satisfação docente tão bons quanto o do modelo apresentado em Ferreira et al. (2011) ($\lambda = 0$), cujo objetivo é maximizar essa satisfação, com melhores índices de habilidade, como no caso dos testes com $\lambda = 0,2$, $\lambda = 0,3$, $\lambda = 0,4$, $\lambda = 0,5$, $\lambda = 0,6$ e $\lambda = 0,7$.

4.3 CARGA HORÁRIA

Para que o docente desenvolva um trabalho de qualidade é importante que o mesmo não possua uma carga horária em aulas muito elevada, de modo que este possa adicionar em sua agenda semanal um maior tempo para preparação de aulas, desenvolvimento de projetos de extensão e pesquisa, dentre outras atividades acadêmicas. Desse modo, considerou-se a carga horária como um dos fatores de análise de resultados. Na Tabela 5 são apresentadas as percentagens de professores que mantiveram ou diminuíram a sua carga horária em relação à designação manual.

Tabela 5 – Carga Horária.
(continua)

Modelo	Manteve ou diminui (%)
$\alpha = 0$	56,25
$\alpha = 0,1$	62,50
$\alpha = 0,2$	62,50
$\alpha = 0,3$	59,38
$\alpha = 0,4$	62,50
$\alpha = 0,5$	59,38
$\alpha = 0,6$	59,38

Tabela 5 – Carga Horária.
(conclusão)

Modelo	Manteve ou diminui (%)
$\lambda = 0,7$	62,50
$\lambda = 0,8$	59,38
$\lambda = 0,9$	62,50

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os melhores resultados foram apresentados pelos testes com $\lambda = 0,1, \lambda = 0,2, \lambda = 0,4, \lambda = 0,7, e \lambda = 0,9$. Já o teste com $\lambda = 0$ foi o que apresentou um maior número de docentes com carga horária aumentada.

Ao relacionar os dados das Tabelas 1, 3 e 5, verifica-se que não há um teste em que obteve um melhor resultado nos 3 fatores (habilidade, satisfação e carga horária), entretanto os testes com $\lambda = 0,2, \lambda = 0,4$ e $\lambda = 0,7$ foram os que apresentaram o melhor conjunto de resultados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de designação de encargos didáticos apesar de ser estudado desde a década de 60, ainda permanece atual e relevante, o que se deve às suas peculiaridades e complexidade, despertando interesse de estudiosos e pesquisadores.

A proposta apresentada no presente trabalho é a de um modelo de Programação Linear Inteira a este problema, em um contexto universitário, o qual permite-se a atribuição de disciplinas a professores habilitados em ministrá-las, prezando assim pela qualidade do processo de ensino-aprendizagem, de modo a respeitar as normas institucionais e otimizar a satisfação do corpo docente, considerando portanto, aspectos pedagógicos, organizacionais e pessoais, fundamentais para a modelagem e resolução deste tipo de problema.

Para o estudo de caso realizado, o modelo apresentado obteve bons resultados neste sentido. Ao comparar os resultados obtidos com a aplicação do modelo, com a designação manual, anteriormente realizada e também a outra formulação apresentada na literatura (a qual foi tomada como base para o desenvolvimento do trabalho), observa-se aumentos nos índices de habilidade e satisfação docente, além da manutenção ou diminuição da carga horária semanal de aulas dos professores, em todos os testes realizados, o que demonstra o potencial promissor do modelo desenvolvido.

Como perspectiva futura, sugere-se testes em um maior período de análise, expansão de departamentos atendidos; estudo de alternativas não manuais de calibração do modelo (parâmetro λ); comparativo com outros modelos, bem como, a utilização de uma interface gráfica ou até mesmo planilhas eletrônicas de forma a facilitar a utilização do modelo pelos gestores.

REFERÊNCIAS

ABDELLAHI, M.; ELEDUM, H. The university timetabling problem: modeling and

solution using binary integer programming with penalty functions. **International Journal of Applied Mathematics and Statistics**, v. 56, n. 6, p. 164-178, 2017.

AKKOYUNLU, E. A. A linear algorithm for computing the optimum university timetable. **The Computer Journal**, v. 16, n. 4, p. 347-350, 1973.

AVELLA, P.; VASIL'EV, I. A computational study of a cutting plane algorithm for university course timetabling. **Journal of Scheduling**, v. 6, n. 8, p. 497-514, 2005.

BIRBAS, T.; DASKALAKI, S.; HOUSOS, E. Timetabling for Greek high schools. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 12, p. 1191–1200, 1997.

BRESLAW, J. A. A linear programming solution to the faculty assignment problem. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 10, n. 6, p. 227-230, 1976.

CARVALHO R. **Abordagem heurística para o problema de programação de horários de cursos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

CSIMA, J.; GOTLIEB, C. C. Tests on a computer method for constructing school timetables. **Communications of the ACM**, v. 7, n. 3, p. p 160–163, Mar. 1964. [phttps://doi.org/10.1145/363958.363986](https://doi.org/10.1145/363958.363986).

DOMENECH, B.; LUSA, A. A MILP model for the teacher assignment problem considering teachers' preferences. **European Journal of Operational Research**, v. 249, n. 3, p. 1153-1160, 2015.

EVEN, S.; ITAI, A.; SHAMIR A. On the complexity of time table and multi-commodity flow problems. *In*: ANNUAL SYMPOSIUM ON FOUNDATIONS OF COMPUTER SCIENCE, 16TH., 1975. **Proceedings [...]**. [s.l.]: IEEE, 1975, p. 184-193. doi: 10.1109/SFCS.1975.21.

FERREIRA, P. S. *et al.* Aplicação de programação inteira na distribuição de encargos didáticos em instituições de ensino. **Trends in Applied and Computational Mathematics**, v. 12, n. 2, p. 135-144, 2011. Doi: 10.5540/tema.2011.012.02.0135

GOTLIEB, C.C. The construction of class-teacher time-tables. *In*: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL FEDERATION FOR INFORMATION PROCESSING (IFIP), 62., Amsterdam. **Anais [...]**. Munich: North Holland Publishing Company, 1963, p.73-77.

HEITMANN, H.; BRÜGGEMANN, W. Preference-based assignment of university students to multiple teaching groups. **OR Spectrum**, v. 36, n. 3, p. 607–629, 2013.

LAWRIE, N. L. An integer linear programming model of a school timetabling problem. **The Computer Journal**, v. 12, n. 4, p. 307-316, 1969.

PILLAY, N. A survey of school timetabling research. **Annals of Operations Research**, v. 218, n. 1, 2013. p. 261-293.

UTFPR. **Diretrizes para a Gestão das Atividades de Ensino, Pesquisa e**

Extensão da UTFPR. Curitiba: UTFPR, 2007.

VIEIRA, S. **Análise de variância: ANOVA.** São Paulo: Atlas, 2006.

WELSH, D. J. A.; POWELL, M. B. An upper bound for the chromatic number of a graph and its application to timetabling problems, **The Computer Journal**, v.10, n.1, p. 85-86, 1967.

ACESSIBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO

ACCESSIBILITY OF PEOPLE WITH DISABILITIES IN A FOOD SERVICE IN THE CITY OF SÃO PAULO

Jhenevieve Cruvinel¹
Mônica Glória Neumann Spinelli²
Hellen Daniela Sousa Coelho³

Resumo: O principal objetivo das Unidades de Alimentação e Nutrição é o fornecimento de refeições seguras, nutricionalmente equilibradas, adequadas ao contexto sócio cultural a que está inserida. No que tange a estes princípios, é possível observar diversos estudos, metodologias e processos que visam garantir a qualidade da alimentação. No entanto, as UANs são pontos importantes de socialização: o alimentar se envolve também com questões emocionais de pertencimento a um grupo e a uma sociedade. O propósito deste artigo foi refletir sobre as variáveis que tangem a questão da acessibilidade em uma Unidade de Alimentação e Nutrição. Observacional e descritivo. Usou-se como ferramenta avaliativa a aplicação de checklist adaptado do roteiro de acessibilidade do Ministério Público e as normas da ABNT 9050 atualizada. As dificuldades e limitações enfrentadas por pessoas com deficiência são ampliadas em situações em que sua acessibilidade não é garantida, tornando a realização das tarefas cotidianas empecilho maior do que a característica de sua deficiência. As empresas devem pensar não somente na acessibilidade do seu colaborador ao trabalho, mas também ao momento da refeição. Faz-se necessária reflexão sobre o conceito de acessibilidade em seu contexto amplo, promovendo inclusão e destacando as UANs como ambientes que promovem inclusão e responsabilidade social.

Palavras-chave: Acessibilidade. Pessoas com deficiência. Nutrição. Serviço de Alimentação.

Abstract: The main purpose of the Food Services (FS) is the provision of safe and nutritionally balanced meals, respecting the cultural context to which it is inserted. Regarding these principles, it is possible to observe several studies, methodologies and processes that aim to guarantee food quality. Nevertheless, FS represent an important aspect of socialization: the nourishment process includes emotional aspects of belonging to a group and to the society. The purpose of this article is to reflect on the variables that concern the issue of accessibility in a Food Service. It is an observational and descriptive work, where the application of a checklist adapted from the accessibility roadmap of the Public Prosecutor's Office and the updated ABNT 9050 standards was used as an evaluative tool. The difficulties and limitations faced by people with disabilities are magnified in situations where their accessibility is not guaranteed, making the performance of daily tasks more difficult than the characteristic of their disability. Companies should think not only about their employee's accessibility

¹ Nutricionista graduada pela Universidade Paulista - UNIP, E-mail: jhenecruvinel@gmail.com.

² Docente titular do Curso de Nutrição da Universidade Paulista UNIP, E-mail: monicaspi404@gmail.com.

³ Docente do curso de Nutrição da Universidade Paulista - UNIP, E-mail: hellen.coelho@docente.unip.br.

to work, but also at the time of the meal. It is necessary to reflect on the concept of accessibility in its broad context, promoting inclusion and highlighting FS as environments that promote inclusion and social responsibility.. It is necessary to reflect on the concept of accessibility in its broad context, promoting inclusion and highlighting a FS as environments that promote inclusion and social responsibility.

Key words: Accessibility. People with disabilities. Nutrition. Food service.

Data de submissão: 14.08.2020

Data de aprovação: 07.04.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2541>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2541>).

1 INTRODUÇÃO

As Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN) têm como objetivo o fornecimento de refeições nutricionalmente equilibradas, seguras e adequadas à população atendida, visando a manutenção ou recuperação da saúde e também visando auxiliar no desenvolvimento de hábitos alimentares saudáveis e a educação alimentar e nutricional. A satisfação do cliente no que diz respeito aos serviços oferecidos, abrange além destas questões o ambiente físico, outro conceito amplo, que engloba diferentes fatores, como higiene do ambiente e equipamentos, atendimento aos comensais e a ambiência (TEIXEIRA *et al.*, 2010).

Neste contexto, a ambientação é compreendida por diversos fatores, entre eles, a decoração, música no ambiente, atendimento dispendido ao cliente. A ambiência está vinculada também a outro conceito, que é a atmosfera, ou seja, refere-se ao estado de espírito transmitido pelo lugar e que pode influenciar os comensais e sua interação entre si e o ambiente. Todos os componentes do binômio ambientação-atmosfera podem ser os bens tangíveis, mobília, decoração interior, os bens intangíveis, a refeição festiva, o atendimento e estes fatores interferem na experiência de sociabilidade, na criação e fortalecimento de laços entre as pessoas (ABREU; SPINELLI; PINTO, 2019).

A preocupação com a ambiência é um dos fatores principais no planejamento físico de uma UAN, considerada um conjunto complexo de elementos que dispõe as funções administrativas, operacionais e clientes, e define no geral a quantidade e o aproveitamento do serviço prestado, estando diretamente relacionada à qualidade do serviço prestado (SANT'ANA, 2012), tendo a construção de UANs, como base o planejamento físico adequado, importância fundamental para atender às expectativas e necessidades dos clientes finais (ABREU; SPINELLI; PINTO, 2019).

Além destas questões, deve-se pensar no planejamento e atividades da UAN no que se refere à inclusão de pessoas com deficiência, através da acessibilidade, para que os espaços desenhados não imponham obstáculos que impeçam o pleno gozo e exercício dos direitos da Pessoa com Deficiência, ou de qualquer outra pessoa. O termo acessibilidade, historicamente, tem sua origem na década de quarenta para designar a condição de acesso das pessoas com deficiência vinculada ao surgimento dos serviços de reabilitação física e profissional. Inicialmente era descrita como condição de mobilidade e eliminação das barreiras arquitetônicas e urbanísticas, numa clara alusão às condições de acesso a edifícios e meios de transporte

(TORRES; MAZZONI; ALVES, 2002; ARAÚJO; CÂNDIDO; LEITE, 2009; LAQUALE, 2017).

Em 2015, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência) (Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015), em seu Art. 3º, parágrafo IV, apresenta item que descreve também as barreiras atitudinais, que são descritas como, atitudes ou comportamentos que impeçam ou prejudiquem a participação social da pessoa com deficiência em igualdade de condições e oportunidades com as demais pessoas, demonstrando uma mudança que engloba o indivíduo em suas diferentes necessidades e aspectos.

No que tange às barreiras físicas e do ambiente dentro da UAN, cabe ao Nutricionista cooperar no planejamento físico-funcional das UANs, como determinado na Lei 8.234/91, que regulamenta a profissão e com a Resolução CFN 600/2018, que define as áreas de atuação e atribuições do profissional, nas quais se pode ressaltar a participação na elaboração e implantação de projetos físicos da UAN e a supervisão da adequação das condições estruturais e dos equipamentos e materiais utilizados (BRASIL, 1991; CFN, 2018).

A inclusão social de pessoas com deficiência é um processo que requer ações estruturadas e planejadas capazes de criar um movimento que, de modo geral, não acontece naturalmente, sendo um passo importante para este processo a adaptação de determinados locais de trabalho para alocar essas pessoas. No entanto, para efetividade do processo de inclusão, a empresa deve eliminar as barreiras existentes no contexto de sua organização, sejam elas arquitetônicas, de comunicação, programáticas ou atitudinais. As barreiras atitudinais que dizem respeito ao comportamento humano frente à falta de acessibilidade nas demais barreiras, através de posturas que limitam as possibilidades de desenvolvimento e de relação social. A remoção dessas barreiras é que faz com que o acesso das pessoas com deficiência seja facilitado, assim como seu desenvolvimento pessoal, social, educacional e profissional (BAHIA; SCHOMMER, 2010; RIBEIRO, 2016).

A Declaração Universal dos Direitos das Pessoas Portadoras de Deficiência, aprovada em 1975 pela Organização das Nações Unidas (ONU) e a Convenção Internacional nº 159 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), de 1983, são marcos desse processo e influenciaram práticas em diversos países (RIBEIRO; CARNEIRO, 2009). A inclusão, requer planejamento prévio e um alinhamento que perpassa todos os processos de gestão, promovendo estratégias e estruturas em alinhamento com os objetivos da empresa, de maneira a alavancar o processo de maneira dinâmica e contínua, investindo na acessibilidade interna e no desenho do trabalho, na formação, dentre outros aspectos culturais dentro da empresa (CARDOSO; ARAÚJO, 2006; SIMONELLI; JACKSON FILHO, 2017).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE divulgados em 2012, o Brasil tem 45,6 milhões de pessoas com deficiência e, dos 190 milhões de brasileiros, 23,9% da população possuem ao menos uma deficiência, seja esta visual, auditiva, motora ou mental em algum grau. Já com a nova avaliação dos dados em 2018, considerando apenas pessoas que possuem grande ou total dificuldade para enxergar, ouvir, caminhar ou subir degraus, além dos que declararam ter deficiência mental ou intelectual, são mais de 12,5 milhões de brasileiros com deficiência, o que corresponde a 6,7% da população. Necessário se faz a percepção de que essas pessoas também fazem parte do contingente de consumidores, frequentam bares, restaurantes, e muitas vezes não encontram condições adequadas, ou seja, não vivem em uma sociedade adaptada, ainda que este seja um direito previsto pela lei brasileira (IBGE, 2013; 2015; 2019).

O direito à acessibilidade de pessoas com deficiência se fundamenta nos direitos humanos e de cidadania, sendo regulamentado, no Brasil, pela Norma Brasileira 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 2004, atualizada em 2015. Nesta, são fixados os critérios e parâmetros técnicos para elaboração de projetos, construções, instalações e adaptações de edifícios, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos as condições de acessibilidade (ABNT, 2015).

Além das barreiras físicas e estruturais é necessário que se amplie o olhar, que as UANs, quanto prestadoras de um serviço, alinhem-se com a legislação brasileira vigente, que define que, toda pessoa, incluindo aquelas que apresentam deficiências, tem direito ao livre acesso, portanto, devem ser percebidas com igualdade, implicando assim no reconhecimento e atendimento de suas necessidades específicas, o que é imprescindível para garantia de sua dignidade (ANDRADE; PACHECO; FARIAS, 2007; PESCHUTI; LIMA, 2017).

A integração social ocorre por meio do estabelecimento de relações de reconhecimento, através das quais, as pessoas são confirmadas como sujeitos em diferentes aspectos de suas personalidades, e partindo deste reconhecimento se tornam parte de uma sociedade. Conceituações estigmatizadas que trazem em seu bojo as representações da pessoa com deficiência como alguém a quem falta algo gerando conotação incapacitante promovem desvalorização e prejuízo nas relações. A qualidade moral, social desta integração, pode ser aperfeiçoada, aumentando assim as partes reconhecidas e vistas da personalidade e necessidade dos indivíduos, mediante então a individualização da inclusão (HONNETH, 2006; PESCHUTI, LIMA, 2017).

A necessidade do homem está além da busca por alimentos que lhe tragam satisfação (NOBRE, 2009) e suas necessidades e desejos se potencializam conforme a evolução da sociedade moderna. Neste sentido, a busca pelas empresas para manter níveis competitivos no mercado determina a sua necessidade de extrair a máxima satisfação de seus clientes (VIANA *et al.*, 2014).

Trazer os grupos minoritários para dentro de ambientes que estes não costumavam ocupar, tornou-se uma estratégia competitiva dentro das empresas e colaborou para a preocupação com a diversidade e inclusão social. Uma empresa inclusiva é a que mostra transformações nos ambientes físicos, nos procedimentos técnicos, nos meios de comunicação, assim como na mentalidade de todas as pessoas, inclusive da própria pessoa com deficiência (BAHIA, 2006; SANTOS; SANTANA; ARRUDA, 2018).

O presente artigo nasceu da reflexão sobre o atendimento de pessoas com deficiência dentro da Unidade de Alimentação e Nutrição e o processo de inclusão em sentido amplo, de maneira a promover a inclusão de sujeitos no circuito de membros plenos da sociedade.

Assim, o objetivo deste artigo foi avaliar variáveis que tangem a questão da acessibilidade em uma Unidade de Alimentação e Nutrição.

2 METODOLOGIA

Foi realizado estudo observacional e descritivo, no primeiro semestre de 2019, em uma Unidade de Alimentação e Nutrição localizada no município de São Paulo, em um condomínio empresarial de alto padrão, cujo restaurante, com gestão terceirizada, alto padrão de cardápios e serviços, oferece em média 850 refeições no horário do almoço, o que é considerado como unidade de médio porte por Sant 'Ana (2012). Em média, diariamente, fazem a refeição almoço 48 portadores de deficiência,

sendo aproximadamente 50% de cada sexo, conforme política de equidade das empresas do condomínio.

É através da observação atenta aos detalhes que o pesquisador inserido dentro do cenário participa de forma que possa compreender a complexidade dos ambientes psicossociais, ao mesmo tempo em que lhe permite uma interlocução mais competente, resultando numa análise dos comportamentos espontâneos e à percepção de atitudes não verbais (ZANELLI, 2002).

Como norteador para as observações e ferramenta avaliativa para verificar se a unidade está adequada às normas e diretrizes previstas na legislação, referentes a acessibilidade de pessoas com deficiência, foi realizada a aplicação de check-list adaptado do roteiro de acessibilidade do Ministério Público em conjunto as normas da ABNT 9050 atualizada em 2015 (ABNT, 2015).

Foi realizado um diagnóstico inicial utilizando como base a ABNT NBR9050 e os seguintes pontos foram destacados para a pesquisa: 1: analisar quais as barreiras físicas que limitavam ou impediam as Pessoas com Deficiência (PCD); coleta de dados espaciais, de fluxo e de demanda. 2: avaliar o grau de independência funcional das pessoas com deficiências; o quanto podem realizar de maneira autônoma suas refeições; 3: se há desconforto social; sensação referente ao atendimento e ambiente; 4: a percepção e preparo dos funcionários na realização do atendimento das pessoas com deficiência.

As opções de respostas para o preenchimento do check-list foram: “Conforme” (C) – quando o restaurante atendeu ao item observado, “Não Conforme” (NC) – quando o restaurante apresentou Não-conformidade para o item observado e “Não Aplicável” (NA) – quando o item foi considerado não pertinente ao local pesquisado. Os dados foram apresentados em forma de quadros para melhor observação e os resultados discutidos com base nas normas citadas acima e estudos congruentes ao tema.

O presente estudo faz parte de um projeto maior intitulado “Gestão da Qualidade em Serviços de Alimentação” com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Paulista - UNIP - CAAE:43235615.1.0000.5512.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pessoas com deficiência (PCD) ou mobilidade reduzida podem ter dificuldade de locomover-se e geralmente fazem uso de equipamentos que as ajudam, como a cadeira de rodas, o andador, a bengala, a muleta, o carro adaptado. Torna-se imprescindível que haja o preparo dos espaços externos e internos da UAN para o atendimento inclusivo (SEBRAE, 2015).

Neste contexto, embora o escopo deste trabalho tenha sido a observação do ambiente inclusivo para os funcionários fazerem suas refeições, não é possível esta análise sem contemplar o acesso externo. Assim, os primeiros itens observados, se referem à estrutura e às barreiras físicas impeditivas desta inclusão. Foi observada uma cultura inclusiva bem estabelecida, dinâmica e os espaços externos pensados e planejados para uma inclusão social na empresa voltados aos diferentes tipos de deficiência. Quanto aos tipos de necessidades especiais observados, foram mais prevalentes as deficiências físicas, paraplegia, monoplegia, monoparesia e amputação.

As instalações do restaurante se situam isoladas das demais edificações, no centro do condomínio, estacionamento com vagas preferenciais, calçadas com largura superior a 1,20m, rampas de acesso e faixa de pedestres elevadas ao nível da

calçada, sinalização e piso direcional de acordo com as normas (ABNT, 2015), conforme se observa no Quadro 1, na adequação das conformidades verifica-se que dos nove itens avaliados oito encontravam-se de acordo, garantindo 88,9 % das conformidades nesse espaço.

Quadro 1 - Avaliação das conformidades nas áreas externas (AE) e internas (AI), segundo barreiras físicas limitantes ou impeditivas de mobilidade e acesso. São Paulo 2019.

Áreas	*Itens Analisados	Conforme	Não conforme
AE	Possui faixa livre para pedestre? (Ideal 1,50m, admissível 1,20m)	X	
AE	Nível da calçada respeita o meio-fio instalado, sem sobreposição de piso ou descaracterização deste nível?	X	
AE	A calçada é livre de obstáculos no piso, que comprometam a rota acessível?	X	
AE	A calçada possui piso direcional tátil, instalado corretamente (largura mínima 0,25cm)?	X	
AE	Há vagas preferenciais em quantidade adequada e próximas a porta de entrada?	X	
AE	A rampa atende a largura mínima de 1,50m, sendo admissível 1,20m e atende a inclinação máxima de 8,33%?	X	
AE	Tem corrimão intermediário para as rampas, com largura a partir de 2,40m?		X
AE	As portas atendem a largura livre mínima de 0,80cm e altura de 2,10m?	X	
	As portas acionadas por sensores de presença são ajustadas para detectar pessoas de baixa estatura, crianças e usuários de cadeiras de rodas?	X	
AI	Balcão de atendimento possui altura máxima de 0,90cm, com altura livre de 0,73cm do piso e 0,90cm de extensão mínima?		X
AI	Permite que o usuário de cadeira de rodas avance sob o balcão até 0,30cm no mínimo?		X
AI	Balcões de auto serviço: as bandejas, talheres, pratos, estão dispostos dentro da faixa de alcance manual (0,50cm de profundidade e 1,20m de altura)?	X	
AI	Balcões de auto serviço: copos, bebidas, temperos e alimentos estão dispostos ao alcance manual (0,50cm de profundidade e 1,20m de altura)?		X
AI	Altura das máquinas de café garante acessibilidade?		X
AI	Piso interno utilizado é adequado e antiderrapante?		X
AI	Banheiro: dispõe de pelo menos um banheiro acessível, por pavimento, com entrada independente dos sanitários coletivos?	X	
AI	A dimensão mínima do banheiro (não inclui chuveiro) atende a especificidade da norma técnica (1,50m por 1,70m)?	X	
AI	Banheiro: o sentido de abertura da porta é para fora?	X	

* Foram considerados apenas os itens exigidos pela NBR 9050/2015 e legislação federal em vigor, remetendo-se consulta as leis estaduais e municipais, como complemento, além das recomendações contidas na norma técnica mencionada.

AE - área externa

AI - área interna

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2 - Avaliação dos fatores da área interna do restaurante que facilitam a independência funcional das pessoas com deficiências. São Paulo, 2019.

*Itens Analisados:	Conforme	Não Conforme
Há atendimento preferencial (balcões, filas)?		X
Acessibilidade Funcional; Há interprete em LIBRAS, opção de cardápio em Braille ?		X
Funcionários receberam treinamento específico, orientado ao atendimento de PCD?		X
Há funcionário fixo para o atendimento de PCD?		X
A altura dos balcões permite que toda PCD possa se servir de maneira autônoma ?		X
Há uma faixa de circulação de 0,90m entre as mesas e área de manobra para acesso às mesmas?	X	
A mobília permite que o usuário de cadeira de rodas avance sob a mesa, no mínimo, 0,50m?	X	

* Foram considerados apenas os itens exigidos pela NBR 9050/2015 e legislação federal em vigor, remetendo-se consulta às leis estaduais e municipais, como complemento, além das recomendações contidas na norma técnica mencionada.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

O Quadro 1 mostra, ainda, que as questões referentes à acessibilidade externa estão praticamente resolvidas, necessitando apenas pequenos ajustes como a instalação de corrimão intermediário (ABNT, 2015), única não conformidade encontrada (11,1%).

Essas adequações externas são sempre mais exitosas, uma vez que empresas de grande porte e condomínios empresariais habitualmente possuem equipes de manutenção, quando não de engenharia próprias, que em geral resolvem essas questões facilmente dentro do seu próprio cronograma de manutenção.

Observou-se que a rampa de acesso possui inclinação dentro da norma (máximo de 8%), sem degraus e desníveis. As aberturas de portas e passagens possuem dimensões de 1,65m, estando de acordo com a norma (não inferiores a 80 cm). Possui banheiro adaptado, para uso exclusivo. Nos banheiros e lavabos, a posição das peças sanitárias, instalação de barras de apoio, além da abertura da porta (para fora), atendem às recomendações da norma técnica brasileira NBR 9050.

O grau de autonomia e independência dentro da UAN, relacionado com o atendimento preferencial, funcionários treinados, intérprete em libras, acesso aos alimentos, utensílios e bebidas e fluxo do salão, também foi avaliado (Quadro 2).

A palavra "autonomia" tem origem grega e refere-se a autos (próprio) e "nomos" (regra, autoridade ou lei) e para a pessoa com deficiência, poderá, portanto, ser interpretada como a "própria regra" ou "própria autoridade" para conduzir sua vida pessoal e social (RIBEIRO, 2006). Desta maneira, o acesso e autonomia da PCD é um processo individual, embora o homem seja um ser de relações que constrói sua identidade por meio das relações que estabelece com o outro e o meio (WINNICOT, 1999).

Na Unidade de Alimentação e Nutrição, observou-se que, as PCD são atendidas à medida que os usuários pedem ajuda e os funcionários apesar de não terem recebido treinamento para acolhimento e atendimento a essas pessoas, são atenciosos e prestativos. No entanto, não se observa promoção da inclusão através da autonomia. É preciso que se faça uma reflexão sobre a questão do auxílio às PCD.

As empresas por questões legais, dependendo de seu tamanho, devem fazer a inclusão de pessoas com as mais diferentes formas de deficiência. Com isso, preocupam-se quanto à adaptação do ambiente de trabalho e quanto às instalações sanitárias, que também são exigências da lei, porém se esquecem ou talvez não se preocupem com o momento de refeição desse seu colaborador.

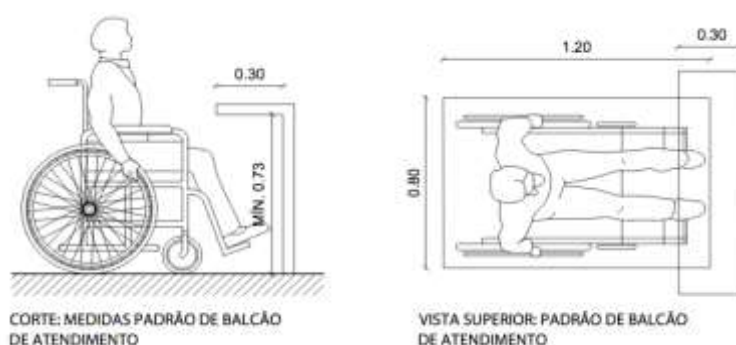
O presente estudo observou que, muitas vezes, as Unidades de Alimentação e Nutrição são terceirizadas e não têm funcionários extras ou mesmo capacitados para auxiliar as PCD. Nessa perspectiva, em razão do horário da refeição ser o momento mais atribulado do serviço, portanto deveria caber à empresa empregadora da PCD prover condições suficientes para que esta se sinta amparada em todos os momentos, sem necessidade de ficar pedindo auxílio e gerando desconfortos ou constrangimentos.

Outra questão se trata do planejamento da cozinha, não somente quanto aos espaços, mas também quanto aos equipamentos, que nem sempre possibilitam a autonomia da PCD. Compete à indústria dos equipamentos pensar não somente na eficiência destes, mas que de maneira estes poderão ser projetados para se adequar a legislação da inclusão.

Muitas vezes, os pratos, talheres e bandejas, estão em altura conforme, no entanto, as bebidas e os alimentos não, o que impede que pessoas em cadeira de rodas se sirvam sozinhas e dificulta o acesso aos alimentos (que estão dispostos mais atrás no balcão) às pessoas com nanismo e distrofia.

A altura, a largura do balcão e a não existência do vão encontrados sob os balcões na UAN, são impedimentos para a aproximação frontal, não permitindo que pessoas em cadeiras de rodas consigam se servir, conforme mostra o Quadro 1. Em relação a estes balcões de serviços de atendimento ao público e de distribuição das refeições, estes deveriam dispor de, pelo menos, uma parte da superfície acessível para o atendimento das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida o que não está de acordo com a determinação da lei (ABNT, 2015).

Figura 1 - Medidas Padrão de Balcão de Atendimento



Fonte: Sebrae (2015). Elaborado a partir do desenho de: Juliana Luchsinger Ramos - Arquiteta - CAU N° A58257-3.

A circulação dentro do salão é possível ser feita com conforto, os espaços entre as mesas atendem à norma e apesar de algumas mesas serem tipo balcão, há mesas acessíveis e em quantidade suficiente.

A área de café da UAN conta com um espaço amplo de circulação. No entanto, os balcões e máquinas de café se encontram a 1,30 m acima do piso, o que aliado à falta de um funcionário fixo para atendimento neste local, impossibilita o alcance ao

cadeirante.

Tendo em vista a parcialidade na promoção ao acesso, é natural que ao observar o comportamento das PCD na UAN sejam notadas diversas situações e o desenrolar dos atendimentos a essas pessoas nem sempre ocorre de maneira satisfatória.

À medida que a deficiência é uma expressão da diversidade humana, apenas se torna uma questão de injustiça quando a estrutura básica da sociedade não consegue tratá-la com equidade, impondo às pessoas com deficiência barreiras físicas ou morais e de dificuldades de acesso aos ambientes sociais (SANTOS, 2008).

Através da observação e contato diário com as PCD, foi possível perceber que há um certo desconforto social em alguns momentos, pois os portadores de necessidades especiais estavam acostumados a se dirigirem a uma única funcionária e ao pedirem ajuda a outra pessoa eles evitavam contato visual, falavam pouco, não questionavam sobre todas as opções. Pessoas com muletas têm dificuldade de, após se servirem, levarem a bandeja até a mesa e após a refeição retorná-la até a devolução. À medida que não há na UAN, funcionário específico para este auxílio, este é solicitado aos colegas e, em último caso, aos estagiários de Nutrição.

Os amputados se servem também com dificuldade, são auxiliados pelos funcionários do balcão de distribuição e precisam solicitar ajuda também para cortar algum alimento e/ou para carregar a bandeja.

Muitas vezes as PCD acabam limitando-se a escolher o alimento mais próximo, o preparo mais fácil ou seguir a sugestão do funcionário que o auxiliou sem muitos questionamentos, o que não ocorre com os outros clientes, demonstrando um certo conformismo quanto às suas possibilidades de acesso.

Em sua pesquisa, Sá (2010), identificou problemas semelhantes, na qual os entrevistados relataram não receber o mesmo tratamento ou as mesmas opções que os demais clientes, sendo comum às pessoas com mobilidade reduzida ficarem restritas a uma área do salão, sentirem falta de auxílio para locomoção e de orientações simples. A retirada de obstáculos do ambiente, indicação de onde ficam talheres, prato, bebidas, ou quais alimentos estão disponíveis no bufê, são relatados como empecilhos mais comuns, além da forma de comunicação, principalmente em relação às pessoas com deficiência auditiva e visual.

Não havia na unidade de alimentação o cardápio em Braille, direito que caminha em tramitação desde o período do presente estudo, que propõe alteração da Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 do Estatuto da Pessoa com Deficiência, pela Lei nº 1550, de 2019 que estabelece a obrigatoriedade da disponibilização de cardápio em Braille em restaurantes, bares e lanchonetes (BRASIL, 2019).

Não havia na UAN, intérprete ou funcionário capacitado a comunicar-se pela Língua Brasileira de Sinais, o que pela legislação atual não é uma obrigatoriedade.

O Decreto 5.626, de 2005 em seu Art. 26, prevê a garantia dos serviços de atendimento para surdos em órgãos da administração pública direta, indireta e empresas prestadoras de serviços públicos e instituições financeiras, mas não há nenhuma lei que obrigue bares, restaurantes e serviços de alimentação privados, a prestarem serviços às pessoas surdas. Ou seja, não há uma lei que obrigue os estabelecimentos comerciais a disponibilizar um intérprete de LIBRAS para surdos (BRASIL, 2012).

Foram avaliados neste estudo 25 itens com 56% (14 itens) de conformidades. No aspecto área física, equipamentos e mobiliário foram avaliados: 18 itens com adequação de apenas 4 (22,2%) na área interna. Dos 7 itens avaliados para identificação dos fatores favoráveis à autonomia das PCD (Quadro 2), 5 (71,4%) não estavam em conformidade. Maior percentual de conformidade foi para itens

relacionados às barreiras físicas e estruturais, o que aponta correlação com a literatura, onde estudos, correlacionam a dificuldade a ampliação do conceito de acessibilidade à PCD (BEZERRA, 2007; BARCELLOS; CAMPANTE, 2012). São iniciativas além do cumprimento legislativo, que refletem o interesse pelo cliente e atenção à pluralidade de suas necessidades, promovendo atendimento sem distinções, discriminação ou constrangimentos que muitas vezes passam despercebidos. A empresa inclusiva, que oferece treinamento a seus funcionários a respeito das necessidade e formas de atendimento às PCD, também fortalece a sinergia em torno dos objetivos comuns e reforça o espírito de equipe, valorizando o olhar inclusivo e a perspectiva do coletivo, tornando-se desta maneira, valorizada pelos próprios colaboradores e clientes. Nesse contexto, Shimono (2008) ressalta que as empresas que mudam sua percepção, tornam-se inclusivas, são consideradas competentes e com visão de futuro, agregam valor ao praticarem valores efetivos de responsabilidade social corporativa.

Uma vez que a autonomia da pessoa com deficiência pode ser avaliada pelas atividades da sua vida diária, como lazer, vida social, emocional, independência no trajeto de ir e vir, atividade profissional, entre outras (PEIXOTO; CARVALHO, 2010), é preciso estruturar ações para estimular a autonomia dos indivíduos, para que as diferenças no contexto em que estão inseridas não gerem barreiras que os impeçam de desfrutar de cotidianos sociais, a fim de possibilitar que atuem intencionalmente e com independência, ou seja, com liberdade, no que diz respeito aos atos relacionados à alimentação (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2008; SANTOS; SANTANA; ARRUDA, 2018).

4 CONCLUSÕES

A acessibilidade dentro da UAN ainda é pensada como uma tarefa obrigatória e focada nos ajustes físicos da unidade: pensa-se em construir uma rampa, adequar as sinalizações, colocar barras nos banheiros do estabelecimento e realizar adequações que atendam as exigências legais, normas e decretos. No entanto, a acessibilidade deve ir além dos pequenos ajustes, são atitudes que promovem condição de igualdade, fornecendo base para autoconfiança e autonomia, criando uma relação positiva que respeita os pressupostos universais da integridade pessoal. Assim, o nutricionista da Unidade de Alimentação e Nutrição, como profissional da saúde, deve ser responsável não somente pela prevenção e manutenção do estado nutricional dos seus clientes, como, também, garantir que as pessoas com necessidades especiais tenham ampla possibilidade de acesso ao seu serviço e desfrutem dos mesmos direitos dos demais clientes.

Faz-se necessário, ainda, que o nutricionista seja chamado para participar do planejamento das UANs, com os demais membros da equipe (engenheiros, arquitetos, etc), contribuindo com uma visão mais ampla do serviço, além da elaboração de uma planta física.

Neste sentido, conclui-se que adaptações de estrutura externas e de circulação são mais fáceis de serem adaptadas às exigências da legislação, ao contrário de mobiliário e da prestação de serviço, que impacta no número de funcionários da UAN que possam atender os comensais e nas diferentes categorias de necessidades especiais que dificultam, sobremaneira, a possibilidade de oferecer algum grau de autonomia aos seus portadores. A legislação deveria prever que a Empresa fosse responsável por designar um ou mais funcionários, a depender do número de portadores de deficiência, que assumissem a tarefa de auxílio no momento das refeições, uma vez que as UANs, em sua maioria, trabalham com um número bastante

justo de funcionários, que se encontram em plena atividade nesse horário.

A deficiência em si, é apenas uma característica da diversidade humana e só se torna uma questão de injustiça quando a estrutura básica da sociedade não consegue tratá-la com equidade, agindo de maneira a criar barreiras físicas e morais, que impedem o acesso e autonomia das PCD em ambientes sociais. A relevante incidência de pessoas deficientes na sociedade brasileira por si só já transforma o tema da deficiência em uma questão social, carente de maiores estudos, e de ações no sentido de promover os direitos de cidadania das pessoas que a experimentam, seja por meio das políticas sociais ou outros instrumentos que garantam a justiça.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR9050: 2015. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 148 p.

ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G. N.; PINTO, A. M. S. **Gestão de Unidades de Alimentação e nutrição: um modo de fazer**. 7 ed. rev. ampl. São Paulo: Metha; 2019.

ANDRADE, M.S.A ; PACHECO, M. L.; FARIAS, S. S. P. Pessoas com deficiência rumo ao processo de inclusão na educação superior. **Rev. Digit. Pesq. CONQUER**, Barreiras, v.1, p. 1-5, 2007.

ARAÚJO, C. D. de.; CÂNDIDO, D. R. C.; LEITE, M. F. L. Espaços públicos de lazer: um olhar sobre a acessibilidade para portadores de necessidades especiais. **Licere**, Belo Horizonte, v. 12, n. 4, dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/licere/article/view/835/634>. Acesso em: 15 maio 2019.

BAHIA, M. S.; SCHOMMER, P. C. Inserção Profissional de Pessoas com Deficiência em uma Experiência no Brasil e outra em Portugal: Desafios Comuns, Caminhos Diferentes. **Pesquisas e Práticas Psicossociais**, São João del Rei. v. 6, n.1, p.62-77, 2011. Disponível em: https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/revistalapi/volume6_n1/Bahia_%26_Schommer.pdf. Acesso em: 22 maio 2019.

BAHIA, M. S. **Responsabilidade social e Diversidade nas Organizações: Contratando pessoas com deficiência**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

BARCELLOS, A. P. de.; CAMPANTE, R. R. A acessibilidade como instrumento de promoção de direitos fundamentais. In: FERRAZ, Carolina Valença. *et al.* (Coord.). **Manual dos direitos da pessoa com deficiência**. São Paulo: Ed. Saraiva, 2012.

BEZERRA, R. M. A acessibilidade como condição de cidadania. In: GUGEL, M.A.; MACIEIRA, W.; RIBEIRO, L. (Org.). **Deficiência no Brasil: uma abordagem integral dos direitos das pessoas com deficiência**. Florianópolis: Ed. Obra Jurídica, 2007.

BRASIL. **Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência**. Brasília: SDH-R/SNPD, 2012. 32p.

BRASIL. **Lei n. 8234, de 17 de setembro de 1991**. Regulamenta a profissão de nutricionista e determina outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1991.

BRASIL. **Lei n, 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acesso em: 22 maio 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 1550, de 2019**. Altera a Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 (Estatuto da Pessoa com Deficiência), para estabelecer a obrigatoriedade da disponibilização de cardápio em Braille por bares, lanchonetes e restaurantes. Brasília, DF: Senado Federal, 2019.
Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135798>. Acesso em 22 maio 2019.

CARDOSO, V.M.; ARAUJO, J.N.G. Dificultadores e facilitadores no processo de inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL; SOCIEDADE INCLUSIVA: PROPOSTAS E AÇÕES: IMPASSES E AVANÇOS, 4., 2006, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Minas Gerais: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2006.

CFN – CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS. **Resolução CFN nº 600, de 25 de fevereiro de 2018**. Dispõe sobre a definição das áreas de atuação do nutricionista e suas atribuições, indica parâmetros numéricos mínimos de referência, por área de atuação, para a efetividade dos serviços prestados à sociedade e dá outras providências. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/resolucoes/Res_600_2018.htm. Acesso em: 15 maio 2019.

HONNETH, A. **Luta por reconhecimento**: a gramática moral dos conflitos sociais. Trad. Luiz Repa. São Paulo: editora 34, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos estados e dos municípios brasileiros**: 2012 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 226 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos estados e dos municípios brasileiros**: 2014 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 126 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos estados e dos municípios brasileiros**: 2018/ IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 127 p.

LAQUALE, A. A pessoa com deficiência e o direito à acessibilidade. **JusBrasil**. 2017. Disponível em: <https://adonislaquale.jusbrasil.com.br/artigos/469572573/a-pessoa-com-deficiencia-e-o-direito-a-acessibilidade>. Acesso em: 15 fev. 2020.

NOBRE, A. P. **Avaliação da satisfação da clientela em restaurantes do tipo self-service de Brasília**. 2009. Monografia (Especialização em Qualidade dos Alimentos)

Alimentos, Universidade de Brasília, Centro de Excelência em Turismo, Brasília, 2009.

OLIVEIRA, S. I.; OLIVEIRA, K. S. Novas perspectivas em educação alimentar e nutricional. **Psicol. USP**, São Paulo, v. 19, n. 4, Dec. 2008.

PEIXOTO, J.; CARVALHO R.M. A noção moderna de autonomia e o papel do aluno na educação a distância. **Educativa**, Goiânia, v.13,n.2, p.252-284, 2010. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/educativa/article/viewFile/1418/934>. Acesso em: 23 maio 2019.

PESCHUTI, M. Q.; LIMA, R. C. D. S. A inclusão da pessoa com deficiência no mercado de trabalho. **Pedagogia em Foco**, Iturama, MG, v. 12, n. 7, p. 102-116, 2017.

RIBEIRO, D.C. Autonomia: viver a própria vida e morrer a própria morte. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 8, p. 1749-1754, 2006. Disponível em; <https://www.scielo.org/pdf/csp/2006.v22n8/1749-1754> Acesso em: 22 maio 2019.

RIBEIRO, M. A.; CARNEIRO, R. A inclusão indesejada: as empresas brasileiras face à lei de cotas para pessoas com deficiência no mercado de trabalho. **Organ. Soc.** Salvador, v. 16, n. 50, p. 545-564, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-92302009000300008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 dez. 2020.

SA, M. **Pessoas com Deficiência**: um retrato dos problemas que elas enfrentam nos restaurantes. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Jornalismo), IESB, Brasília, 2010.

SANT'ANA, M. H. P. **Planejamento físico funcional de Unidades de Alimentação e Nutrição**. Rio de Janeiro: Rubio, 2012.

SANTOS, J. V. M.; SANTANA, A. C.; ARRUDA, G. D. Diversidade nas organizações: inclusão social ou estratégia competitiva? **Psicologia.pt.**, 2018. Disponível em: <https://www.psicologia.pt/artigos/textos/A1170.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2021.

SANTOS, W. R. Pessoas com deficiência: nossa maior minoria. **Physis (Rio J.)**, v.18, n.3, p.501-519, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-73312008000300008&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 22 maio 2019.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal da Pessoa com Deficiência e Mobilidade Reduzida. SMPED. **Manual de instruções técnicas de acessibilidade para apoio ao projeto arquitetônico**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2017. 114 p.

SEBRAE. **Acessibilidade das empresas de alimentação**. Recife, Pe: Sebrae, p. 2015. (Cartilha Sebrae). Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/PE/Anexos/cartilha_acessibilidade_alimenta%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 22 maio 2019.

SHIMONO, S.O. **Educação e trabalho: caminhos da inclusão na perspectiva da pessoa com deficiência**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

SIMONELLI, A. P., JACKSON FILHO, J. M. Análise da inclusão de pessoas com deficiência no trabalho após 25 anos da lei de cotas: uma revisão da literatura. **Cad. Bras. Ter. Ocup.**, São Carlos, v. 25, n. 4, 855-867, 2017. Disponível em: <http://www.cadernosdeterapiaocupacional.ufscar.br/index.php/cadernos/article/view/1842/920>. Acesso em: 02 mar. 2020.

TEIXEIRA, S. M. F. G. *et al.* **Administração Aplicada às Unidades de Alimentação e Nutrição**. São Paulo: Atheneu, 2010.

TORRES, E.F.; MAZZONI, A.A.; ALVES, J.B.M. A acessibilidade à informação no espaço digital. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 83-91, set./dez. 2002.. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652002000300009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 22 maio 2019.

VIANA, C. O. R. *et al.* Marketing de relacionamento: análise do nível de satisfação do cliente-consumidor da empresa puro sabor. **Rev. adm. contab.**, [s.l.], v. 1, n. 2, 2014. Disponível em: <http://revistasfap.com/ojs3/index.php/rac/article/view/134>. Acesso em: 22 maio 2019.

WINNICOTT, C. **Conversando com os pais**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ZANELLI, J. C. Pesquisa qualitativa em estudos da gestão de pessoas. **Estud. psicol.**, Natal, v. 7, p. 79 - 88, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-294X2002000300009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 17 maio 2019.

DEVELOPMENT OF A SMARTPHONE DEVICE FOR READING AIMED AT LOW-VISION PEOPLE

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO SMARTPHONE DE LEITURA PARA PESSOAS COM BAIXA VISÃO

Bruno Procópio da Silva¹
Alessandro Correa Mendes²
Fernanda Púpio Silva Lima³
Ana Paula Pinto⁴
Gabriela Aparecida da Silveira Souza⁵
Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins⁶
Mário Oliveira Lima⁷

Abstract: Many people with total or partial visual impairment can use assistive technology (AT) to facilitate daily living activities. Smartphones and, especially, their applications, can be a tool of easy access and applicability as AT. The aim of this study was to develop an application for use on a smartphone or tablet to improve the visual ability of people with low visual acuity. The software, called Oftcam, was developed using the ANDROID operating system, written in Java Android under the Java version JDK 1.7, supporting the minimum version of Android 2.2. Its operating mechanism includes capturing and adjusting the image of interest to the users according to their needs: expansion, change of background and decentralization of the image of interest. The development of this free, easy-to-handle application will provide the possibility of integration between the user and the auxiliary professional, being, in practice, a mobile resource of health. Considering that most people have an increasing access to phones and tablets, we believe the use of this application is a good alternative to integrate the need and practicality in the daily lives of the visually impaired people.

Keywords: Visual impairment. Low vision. Rehabilitation. Assistive technology. Software.

Resumo: Muitas pessoas com deficiência visual total ou parcial podem recorrer à tecnologia assistiva (TA) para facilitar as atividades da vida diária. Os smartphones e, principalmente, seus aplicativos podem ser uma ferramenta de fácil acesso e aplicabilidade para a tecnologia assistiva (TA). O objetivo deste estudo foi desenvolver um aplicativo para uso em smartphone ou tablet para aprimorar a capacidade de visualização de pessoas com baixa acuidade visual. O software, chamado Oftcam, foi desenvolvido por meio do sistema operacional ANDROID, escrito em Java Android sob a versão do Java JDK 1.7, suportando a versão mínima do Android 2.2. Seu mecanismo operacional inclui a captura e o ajuste da imagem de interesse do usuário de acordo com suas necessidades: ampliação, mudança de fundo e descentralização da imagem de interesse. O desenvolvimento desta ferramenta gratuita, de fácil

¹ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: brunoprocopio7@hotmail.com.

² Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: alcomen@univap.br.

³ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: fpupio@univap.br.

⁴ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: apaula@outlook.com.br.

⁵ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: gabrielasouza507@yahoo.com.br.

⁶ Universidade Brasil, E-mail: ralopesmartins@gmail.com.

⁷ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: mol@univap.br.

manuseio proporcionará a possibilidade de integração entre o usuário e o profissional auxiliar, sendo na prática um recurso móvel de saúde. Considerando que a maioria das pessoas tem cada vez mais telefones ou tablets, acreditamos que o uso desse aplicativo seja uma boa alternativa para integrar a necessidade e a praticidade no dia a dia dos deficientes visuais.

Palavras-chave: Deficiência visual. Baixa visão. Reabilitação. Tecnologia assistiva. Software.

Data de submissão: 09.09.2020

Data de aprovação: 28.04.2021

Identificação e disponibilidade:

<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2341>,

<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2341>

1 INTRODUCTION

The eye is an important sensory organ that influences people's quality of life (CYPEL et al., 2017). Approximately 45 million people worldwide are blind (PIZZARELLO et al., 2004) and 191 million people presented moderate to severe visual impairments in 2010 (STEVENS et al., 2013).

Low visual acuity (LVA) is a significant cause of sensory impairment, causing approximately 90% of deprivation of all patient's perceptions. Visual impairment has a significant impact on the quality of life of the population, including work and relationships. Almost half of the visually impaired subjects feel isolated from other people and from the surrounding environment (HAKOBYAN et al., 2013). LVA affects both young and elderly people, and may occur over short or long distances (STUMP, 2011).

The World Health Organization (WHO) defines low vision or sub-normal vision as the measure of visual acuity, in the best eye, with the best optical correction, less than 0.3 decimals or 20/60 (Snellen fraction) and greater than or equal to 0.05 or 20/400. In the presence of visual field impairment, WHO recommends, for low vision, that the visual field be less than or equal to 20 degrees, and greater than 5 degrees, at its largest diameter, around the fixation point (WHO, 2016).

Considering the widespread number of eye diseases, the number of affected people has significantly increased in the last decade. Despite the pharmacological and surgical advances in ophthalmology, many eye diseases continue to cause permanent visual deficits, which hinders daily life activities (DLAs). The most varied DLAs and the specific needs of these people with vision impairments promote the increase in targeted rehabilitation measures, to compensate for the limitations and to optimize the residual vision (TRAUZETTEL-KLOSINSKI, 2011).

According to the latest IBGE Census (2010), 45.6 million people reported having at least one type of disability, corresponding to 23.9% of the Brazilian population. The visual deficiency was the most pointed, reaching 18.8% of the population.

Despite the existing therapeutic resources, chronic conditions and permanent deficiencies may exist, and dealing with their consequences is one of the roles of rehabilitation medicine, in which ophthalmology is included (COLENBRANDER; FLETCHER, 2003).

Nowadays, assistive technology (AT) has contributed to enhance the functional

skills of people with disabilities for the promotion of more independence. The integration of the capabilities of AT interaction with the user is very significant. The important factors for this are related to the fact they increase the mechanisms of the available assistive technology, also implementing the capacity of understanding and control by the user (COWAN et al., 2012). Advances in the field of hardware and software can also be included.

Some examples of AT are sensors for the early detection of obstacles (ONG; ZHANG; NEE, 2013), assistive listening devices (WITTICH; SOUTHALL; JOHNSON, 2015), sonification to provide access to geographic maps (DELOGU et al., 2010) and others, that improve the quality of life of people with visual dysfunction by facilitating daily activities.

Advances have also occurred in the field of hardware and software (COWAN et al., 2012). Smartphones, and particularly their applications, have revolutionized eye care and hence vision, but a low frequency of use of these features, as well as their interaction, has been noted among physicians and patients (CHENG; CHAKRABARTI; KAM, 2013).

With the increasing use of technological resources such as smartphones and tablets, there is a great opportunity and need to develop specific devices for the visually impaired people (STUMP, 2011). It is known that the access to AT allows people with visual impairment to improve their communication, mobility and perception of the environment. In many cases the use of technology is the only way for people with communication difficulties to connect with the outside world (ALVES et al., 2009). The development of an ophthalmology APP for smartphones may facilitate patient care, data analysis and communication with the doctor (STANZEL; MEYER, 2012).

The present study aims to develop a smartphone or tablet application with the principle of assistive technology for individuals with low vision. Additionally, we developed an application with the ANDROID operating system for use in mobile phones or tablets to facilitate the availability of an assistive technology resource for the visually impaired people in a quick, practical and accessible way through Google Play.

2 MATERIAL AND METHODS

This work was conducted in the Laboratory of Sensory Motor Rehabilitation Engineering of the University of Vale do Paraíba - Univap. The name chosen for the developed application was Oftcam, the union of the terms “Ophthalmology” and “camera”. This device will be used by people with visual impairment, through a camera already available in smartphones or tablets sold on the market.

Oftcam, an application for use on a smartphone or tablet by the ANDROID operating system, works with the camera of the electronic device where the image of the user of the application is captured and can be modified according to the interests of the user, such as image magnification, change in the background of the image, and decentralization of the image of interest. These commands can be performed by the login screen or via the voice command in Google Play.

For the development of the application, the Android platform was used because it is the most popular operating system for smartphones and tablets, thus covering a greater number of users. We used the Eclipse Kepler development IDE (Android Developer tools) which is made of the SDK for Android development. The application template was written in Java Android under the Java JDK version 1.7, supporting the minimum version of API 8 Android 2.2, maximum API 22 Android 5.1.1, being structured in version API 15 Android 4.0.3. This application was initially developed in

the Portuguese language.

All speech recognition features, such as converting speech to written text or text information converted to a voice assistant, were developed using a Google Android Library, the `Android.speech.RecognizerIntent` and `Android.speech.tts.TextToSpeech`, respectively.

For the manipulation of the camera features, the Android hardware libraries were used; the camera was used for object manipulation, android `Preference Manager` and android content `Shared Preferences` to save configuration preferences, as well as android view `Surface Holder` to control the camera lifecycle.

This application was registered as a patent at the National Institute of Industrial Property (INPI) of Brazil, under the registration number BR512017001088-9.

SUMMARY OF USAGE

The potential user must log in Google Play Store and search for the Oftcam app, then download it.

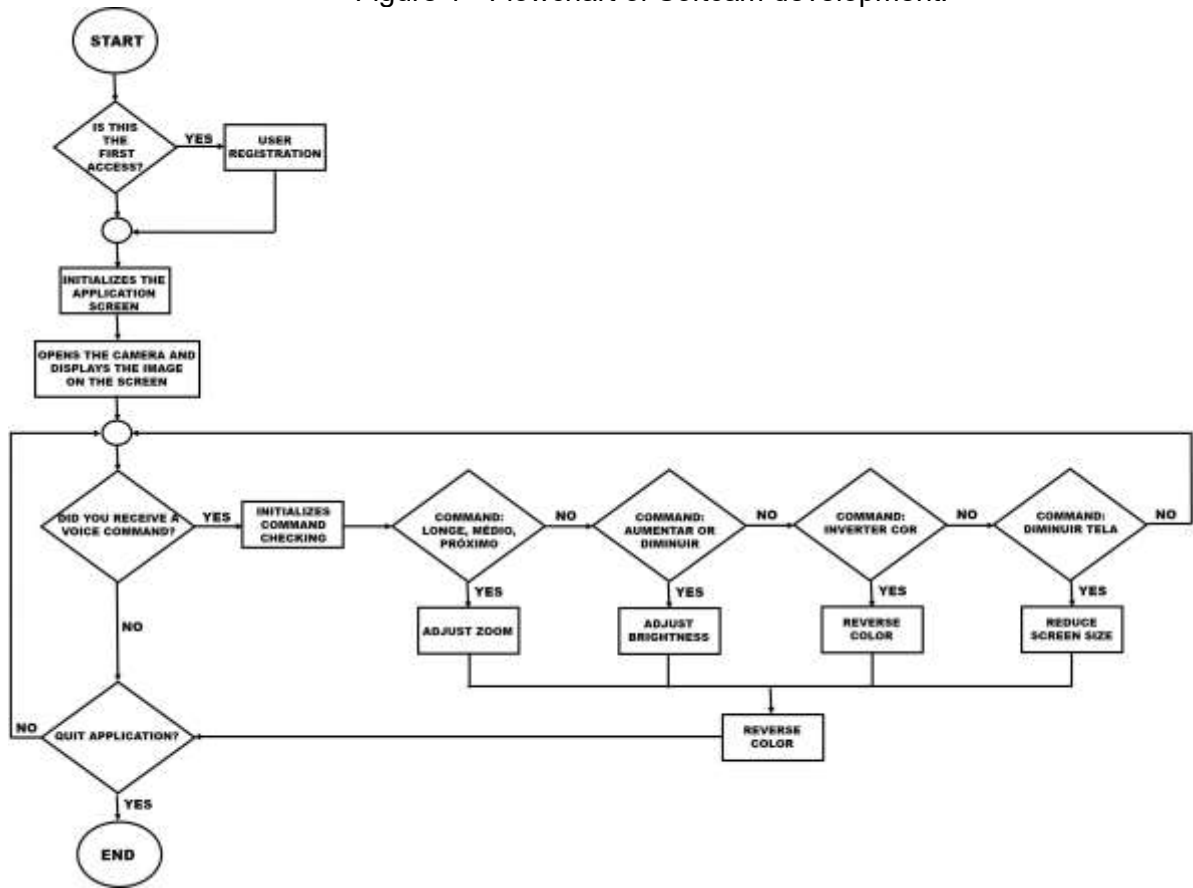
In the first access, the user must fill in the personal data to be able to access the application. In the subsequent accesses, this filling will not be necessary.

After user login, the application is available with all its functions. By pointing the device's rear camera (either cell phone or tablet) at a document or other image field of interest, the user can request what they want either by voice command or typing a request, to zoom in/out.

In addition to the zoom options, the application can also modify brightness, and the user can increase or decrease brightness; invert background color; resize the screen (decrease the right screen or decrease the left screen). All of this can be performed by voice command or writing these commands.

The flow chart of use in the application Oftcam is shown in Figure 1. It must be emphasized that the language of the application is Portuguese, and for this reason, the commands are in the written language.

Figure 1 - Flowchart of Softcam development.



Source: The authors.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The application is available for free access by the Google Play system (Figure 2). It must be accessed by a smartphone or tablet compatible with the Android operating system.

Figure 2 - Access interface for the google play system.



Source: The authors.

It is easy to access and simple to handle, the commands can be requested either verbally or typed. In the first run by the user, a registration screen will be started and will inform by voice command that it is the first execution and that a registration is necessary (Figure 3). Then, it will also be informed by voice command whether the registration will be performed by voice or text. If the choice is "voice", the registration instruction will be informed, asking the user to click on the screen every time they want the next question in the questionnaire to be performed. Right after the click on the screen, the application will sequentially make a questionnaire that should be answered immediately after the question asked (also by voice command). These questions are the name of the user, place of birth, date of birth, level of education and identification of the greatest degree of vision difficulty (near, far or both).

Figure 3 - Softcam Registration.



Source: The authors.

As soon as the application finishes listening to the user's response, it will ask for the confirmation of the information heard, which will be confirmed and written at the respective field on the screen with the voice command "YES". If the information is not confirmed, on the following touch on the screen the same question will be repeated,

otherwise the next question will be informed. At any time, the user can edit the information written by the application in the registration fields on the screen. In cases where the user chooses the registration by text, even if they click in the empty spaces of the screen, the voice command will not be activated, and the registration will be completed after all fields are manually filled. The "START" button will only register and release the main application screen when all fields are filled, either by voice command or manually typed.

In the second execution of the user, the registration will no longer be necessary, and the user will be directly redirected to the reading screen, which will become the active screen.

The reading screen consists in a screen that displays all images captured by the rear camera of the phone or tablet. When clicking on the screen, the voice command will be triggered, and the following commands are expected.

To zoom in/out, the voice commands are: "longe" to zoom out, "médio" to obtain the maximum zoom provided by the camera divided by 2, "próximo" to obtain the maximum zoom, "plus" to zoom in 1x and "less" to zoom out 1x.

For brightness, the voice commands are: "aumentar brilho" to increase screen luminosity / brightness, "diminuir brilho" to decrease screen luminosity / brightness.

For color, the voice commands are: "Inverter cor" to reverse the colors (from normal to inverted and vice-verse). Example: from a white background with dark writing to a dark background with light writing.

To resize the screen, the voice commands are: "diminuir tela" to reduce the screen by half (50%), and "aumentar tela" to return the screen to the default. There are the right and left variations, with the command "diminuir tela direita" to resize the screen by half (50%) and redirect it to the right side of the display. The same occurs for the commands "side" and "diminuir tela esquerda".

Figure 4 shows the screen of the field of interest and the application commands.

Figure 4 - Application commands.



Legend: Oftcam application commands. A = Screen capturing the environment of interest; B = Zoom function; C = Invert color function; D = Resize screen. Source: The authors.

Each time the application terminates, or a command to change the configuration is executed, a log is generated with the name of the user and the time of usage for each configuration, and how long the application has been used.

The application, Oftcam, was tested by the lead researcher. A Samsung model tablet was used, starting the initial screen after the registration performed in the first access as described above. An object was placed at a distance of 6 meters to test the distance of vision, and at 40cm for a closer view at the test for the application of the zoom function. Standard distances were used for the examination of visual acuity in the near and far in a routine eye examination. The function "maior/menos brilho" was also used in the test for the brightness function. The commands for color inversion and image repositioning were tested both to the

right and to the left.

4 DISCUSSION

The number of people with some type of disability is significant, as described by IBGE in 2010. In particular, LVA, presented in this study, needs mechanisms capable of optimizing the potential of vision still existing in the people affected by this dysfunction.

Since most people have an increasing use of personal phones or tablets for their daily routine, we saw as a good alternative the use of an application that could integrate need and practicality as an assistive technology for the visually impaired people.

A key advantage of using mobile devices to provide assistive technologies is the practical way of running many of the platforms. Devices or applications that are embedded in conventional equipment, such as a mobile phone, can help individuals feel less stigmatized or labeled. In addition, support systems are generally adaptable across multiple mobile platforms and can withstand multiple shortcomings (HAKOBYAN et al. 2014).

The continuous advancements in mobile technologies have made the capture of information, interpretation and understanding of what is happening around visually impaired people increasingly viable. This information can be used to improve the level of independence, mobility and quality of life (HAKOBYAN et al. 2014).

It is important to implement AT in different segments of the health area. The promising aspects of this type of technology, both in developed countries and in developing countries, have been evidenced. Information technology has become an important resource in the lives of people with visual impairments. The use of assistive technology is not seen as an inhibiting factor for these people, unlike other traditional methods (THOMAS et al., 2014).

The use of applications as a healthcare method, especially for the visually impaired people, has a great potential to increase the residual visual capacity of these people, especially with the growth in the use of smartphones and new technologies to be created (MEYER et al., 2012).

Data show a growing use of applications for eye care and, hence, vision. Applications tend to become more consistent with this trend, and a growing descriptive literature has been demonstrating the versatility and ability of smartphones as useful clinical adjuncts in ophthalmology (CHENG; CHAKRABARTI; KAM, 2014).

This study was conducted to demonstrate the applicability of tele-rehabilitation applied by the ophthalmic technician or optometrist to 10 low-vision patients who received a handheld magnification device for reading. The participants reported that the quality of the video was from excellent to good, and eight of the 10 reported that the use of their magnifying glass improved after tele-rehabilitation (BITTNER et al., 2018).

Despite the rapid emergence of applications in ophthalmology, there is a low number of professionals involved in the development of these applications and a meager number of clinical evaluations performed after using these features. There is a clear need for evidence-based application principles and standards to be adopted in this emerging area of eye care, guiding the development of high-quality applications for future mobile health practice (CHENG; CHAKRABARTI; KAM, 2014).

The main focus of this research from the outset was to develop a simple application for the user. It is believed that the developed application can be a good resource for assistive technology for the visually impaired people. The direct touch on

the screen of the electronic device used, and the execution of the desired action by voice command, have a great practicality, because it does not need good vision to execute the desired command. It was also noted that the quality of the camera of the electronic device has a great influence on the quality of the image generated.

The mode of user-physician interaction can be improved in future studies. Du Toit et al (2018) reported that the increase in the accessibility of people with disabilities to innovative assistive technology can significantly increase their quality of life.

For the development of the application proposed in this study, there was the integration of professionals from different areas, such as: physiotherapy and rehabilitation, computer engineering, biomedical engineering and medicine. The next phase of implementation of the application will be the test in patients with low vision, of diverse ages, and who do not present limitations for the use of tablets or smartphones.

5 CONCLUSION

The developed application was Oftcam, through the ANDROID platform, for use in smartphones and tablets. This technology is aimed at the visually impaired people, with the convenience of using voice command.

5 ACKNOWLEDGMENT

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

REFERENCES

ALVES, C. C. Et al. Assistive technology applied to education of students with visual impairment. **Rev. Panam. Salud Publica**, v. 26, n. 2, p. 148-152, 2009.

BITTNER, A. K., et al. Feasibility of Telerehabilitation for Low Vision: Satisfaction Ratings by Providers and Patients. **Optom. Vis. Sci.**, v. 95, n. 9, p. 865-872, 2018.

CHENG, N.; CHAKRABARTI, R.; KAM, J. Iphone applications for eye care professionals: A review of current capabilities and concerns. **Telemedicine and e-health.**, v. 20, n. 4, p. 385-7, 2014.

COLENBRANDER, A.; FLETCHER, D. Low vision rehabilitation. A study guide and outline for ophthalmologists, residents and allied health personnel Anaheim. **Joint Commission on Allied Health Personnel in Ophthalmology**, p. 1-14, 2003.

Available from:

<https://pdfs.semanticscholar.org/a774/73a1ae99b2b8f9d10eddb0edb5fc169119b1.pdf>. Access in: 10 jan. 2016.

COWAN, R. E. et al. Recent trends in assistive technology for mobility. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 9, n. 20, p. 1-8, 2012.

CYPEL, M. C. et al. Vision status, ophthalmic assessment, and quality of life in the very old. **Arq Bras Oftalmol.**, v. 80, n. 3, p. 159-64, 2017.

DELOGU, F. et al. Non-visual exploration of geographic maps: Does sonification help? Disability and Rehabilitation. **Assistive Technology**, v. 2010; v. 5, n. 3, p. 164-174, 2010.

DU TOIT, R. A Global Public Health Perspective: Facilitating Access to Assistive Technology. **Optom. Vis. Sci.**, v. 95, n. 9, p. 883-888, 2018.

HAKOBYAN, L. et al. Mobile Assistive Technologies for the visually impaired. **Survey of Ophthalmology**, v. 58, n. 6, 513-518, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Census 2010**. Available from: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Access in: 10 jan. 2016.

MEYER, C. H. et al. Healthcare "Apps" for Smartphones: Relief or toy for patients and the visual impaired? **Ophthalmology**, v. 109, n. 1, p. 21-29, 2012.

ONG, S. K.; ZHANG, J.; NEE, A. Y. C. Assistive obstacle detection and navigation devices for vision-impaired users. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 8, n. 5, p. 409-416, 2013.

PIZZARELLO, L. et al. Vision 2020: The Right to Sight: a global initiative to eliminate avoidable blindness. **Arch Ophthalmol.**, v. 122, n. 4, p. 615-620, 2004.

STANZEL, B. V.; MEYER, C. H. Smartphones in der Augenheilkunde Ophthalmologe. **Der Ophthalmologe**, v. 109: 8-20. 2012.

STEVENS, G. A. et al. Global prevalence of vision impairment and blindness: magnitude and temporal trends, 1990-2010. **Ophthalmology**, v. 120, n. 12, p. 2377-2384, 2013.

STUMP, M. **Low vision assistance with mobile devices**. New York. 103 p. Degree of Master of Science in Computer Engineering. Department of Computer Engineering. Rochester Institute of Technology. 2011.

THOMAS, R. et al. Assistive technology for children and young people with low vision. **Cochranes**, v. 10 (CD011350), p. 1-28, 2014.

TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S. Current Methods of Visual Rehabilitation. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 108, n. 51-52, p. 871-878, 2011.

WHO, World Health Organization. **Deficiência visual**. Available from: <http://www.deficientesemacao.com/deficiencia-visual>. Access in: 10 jan. 2016.

WITTICH, W.; SOUTHALL, K.; JOHNSON, A. Usability of assistive listening devices by older adults with low vision. Disability and Rehabilitation. **Assistive Technology**, v. 11, n. 07, p. 564-571, 2015.

ESTUDO DAS DECISÕES DE PROCESSOS DE RESPONSABILIDADE CIVIL CONTRA CIRURGIÕES DENTISTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

A STUDY ON THE JUDGMENTS OF CIVIL LIABILITY ACTIONS AGAINST DENTISTS IN THE STATE OF SÃO PAULO

Antonio Carlos Victor Canettieri¹
Hebert de Moraes Neves²

Resumo: O cirurgião-dentista (CD) no desempenho de sua profissão está sujeito a prestar contas sob o ponto de vista legal (responsabilidade penal, civil e administrativa), assim como no moral ou ético (responsabilidade ética). A responsabilidade civil envolve a obrigação de uma pessoa indenizar o dano causado a outra, com a intenção de estabelecer o equilíbrio patrimonial decorrente do dano. O presente trabalho propôs uma análise na jurisprudência de processos de responsabilidade civil em ações promovidas contra cirurgiões-dentistas no estado de São Paulo, no período de 2015 e 2016. Foi realizado um levantamento nas bases de dados do site de tribunal de justiça (<http://www.tjsp.jus.br>). Após análise de 94 decisões judiciais, concluiu-se que o tratamento odontológico foi considerado como de obrigação de resultado (52%) com responsabilidade do tipo subjetiva (51%), e a inversão do ônus da prova ocorreu em 49% dos casos; sendo que para cada 1.000 cirurgiões-dentistas (CDs) do estado de São Paulo, 1,1 já foi julgado em processos de responsabilidade civil. Conclui-se que o CD deveria dar maior importância ao prontuário odontológico, que deve ser muito bem descrito e apresentar o devido consentimento do paciente.

Palavras-chave: Odontologia. Responsabilidade Civil. Jurisprudência.

Abstract: The dentist in the exercise of the profession is subject to assume responsibility for unlawful acts committed (criminal, civil, ethical and administrative liability). Civil liability involves the obligation of one person to compensate the damage caused to another, with the intention of establishing an economic balance. This article proposes an analysis of the jurisprudence of civil liability cases in actions brought against dentists in the State of São Paulo, between 2015 and 2016. A survey was performed in the databases of the courts of justice (<http://www.tjsp.jus.br>). After analyzing 94 jurisprudences, it was concluded that dental treatment was considered as an obligation of result (52%) with subjective responsibility (51%), and the inversion of the duty to prove occurred in 49% of the cases; and for every 1,000 dental surgeons (CDs) in the State of São Paulo, 1,1 has already been tried in civil liability cases. It is concluded that the dentist should take a greater care in the preparation of the dental record, which should be very well described and have the patient's consent.

Key words: Dentistry. Damage liability. Jurisprudence.

Data de submissão: 11.12.2020

Data de aprovação: 20.04.2021

¹ Docente do Curso de Odontologia da Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: acanettieri@gmail.com.

² Bacharel em Odontologia pela Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: neveshebert@bol.com.br.

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2568>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2568>).

1 INTRODUÇÃO

A prestação de serviço odontológico, durante muito tempo, foi baseada no vínculo de confiança entre o cliente e profissional. Entretanto, a massificação dos serviços odontológicos, ocorrida num curto período de tempo, tem dificultado o desenvolvimento de um bom relacionamento profissional-paciente, culminando na insatisfação por parte dos clientes. Os pacientes estão também sujeitos a resultados insatisfatórios no tratamento odontológico e a geração de danos por atos odontológicos obriga o cirurgião-dentista (CD) a reparação por meio judicial (WANDERLEY E LIMA *et al.*, 2012). Essa responsabilidade específica, a de responder pelos atos cometidos no exercício da profissão e pelos possíveis prejuízos produzidos decorrentes de um erro do profissional de saúde, pode ser enquadrada na esfera penal, civil e administrativa (SILVA *et al.*, 2009). O magistrado fundamenta sua análise e estabelece o valor da indenização, principalmente para o dano moral, baseado nos fenômenos dolorosos e nos sofrimentos suportados pelo cliente decorrentes de um tratamento odontológico impróprio ou errôneo. O CD pode, também, ser penalizado e julgado administrativamente, pelo ato praticado, pelos Conselhos Regional e Federal de Odontologia, com base no Código de Ética Odontológica (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O presente trabalho propôs o levantamento e a análise das decisões de processos de responsabilidade civil contra CDs no estado de São Paulo nos anos de 2015 e 2016.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados do tribunal de justiça (<http://www.tjsp.jus.br>), utilizando os unitermos: odontologia; cirurgião-dentista e responsabilidade civil, sobre as decisões judiciais envolvendo cirurgiões-dentistas (acórdãos). Tomou-se cuidado de verificar se as decisões não eram de um mesmo processo em momentos processuais diferentes, para que não houvesse repetição de resultado. Foi avaliado, em relação ao serviço odontológico, o tipo de obrigação assumida (de meio ou de resultado), o enquadramento do tratamento odontológico como de responsabilidade objetiva ou subjetiva, e a existência ou não da inversão do ônus de prova na lide judicial.

Também foi realizada uma consulta ao site do Conselho Federal de Odontologia -CFO (www.cfo.org.br) para identificar o número de CDs inscritos em atividade no estado de São Paulo e uma consulta ao site do Conselho Regional de Odontologia do estado de São Paulo- CROSP (www.crosp.org.br) para identificar o número de especialistas inscritos em atividade no estado de São Paulo, com intuito de determinar o coeficiente de experiência processual, procurando visualizar a relação existente entre o número de processos e a quantidade de CDs, por meio do cálculo: (número de processos / número de CDs) x 1.000 (DE PAULA, 2007; WANDERLEY E LIMA *et al.*, 2012). O coeficiente de experiência processual foi realizado para o total de CDs em atividade no estado de São Paulo e para cada especialidade detectada nos processos judiciais estudados (implantodontia, ortodontia, prótese, endodontia, cirurgia e periodontia) (NEVES; CANETTI, 2017).

3 RESULTADOS

No presente trabalho foram identificadas 94 decisões judiciais no estado de São Paulo, sendo 47 computadas no ano de 2016 e 47 no ano de 2015, sendo que 49 processos foram direcionados contra empresas odontológicas (pessoa jurídica), podendo ter sido considerada nessas situações a situação de responsabilidade solidária. Os processos estavam distribuídos em 35 comarcas do estado de São Paulo, no período de 2015 - 2016, sendo a da cidade de São Paulo a que mais apresentou processos contra CD (30 dos 94 acórdãos levantados), seguida por Santo André (n=6) e Campinas n=(5). A especialidade odontológica mais envolvida foi a Implantodontia com 42% dos casos (n=34). Na sequência, as especialidades encontradas foram: Ortodontia (20%), Prótese (20%), Endodontia (12%), Cirurgia (5%) e Periodontia (1%). Em dois processos, não foi possível detectar a especialidade envolvida. Onze processos foram direcionados para clínica geral e esses dados não foram computados na relação de especialidades. Em um caso que foi relatado como “Estética” não foi possível relacionar com alguma especialidade reconhecida pelo CFO (dentística, prótese, implantodontia) ficando, então, esse dado fora da relação. Nas decisões judiciais, 56% (n=53) dos CDs e/ou empresas odontológicas foram condenados.

Em relação ao tipo de obrigação assumida pelo CD, se de meio ou de resultado, em 39% dos casos essa informação não foi citada, e em 52% (n=49) foi definida como obrigação de resultado. Considerando o tipo de responsabilidade do CD, em 34% dos casos não houve essa classificação, e em 51% foi definida como subjetiva. Em relação à inversão do ônus de prova, 46 dos processos avaliados (49%) apresentou essa ferramenta legal, contra 13 em que tal item não foi concedido (14%). Em 37% das decisões judiciais não foi possível detectar a existência ou não da inversão do ônus de prova (Tabela 1).

Tabela 1- Distribuição numérica e porcentual do tipo de obrigação, do tipo de responsabilidade e da existência da inversão do ônus da prova em processos judiciais de responsabilidade civil contra CDs do estado de São Paulo, no período de 2015 e 2016.

		N	%
Tipo de obrigação	Meio	8	9
	Resultado	49	52
	Indefinido	37	39
Tipo de Responsabilidade	Objetiva	14	15
	Subjetiva	48	51
	Indefinido	32	34
Inversão de ônus de prova	Sim	46	49
	Não	13	14
	Não consta	35	37

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados coletado do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (2015-2016).

Na análise geral das indenizações, considerando apenas os 53 processos em que o CD foi condenado, 64% (n=34) foi por danos materiais e morais, 28% (n=15) apenas morais e 6% (n=3) apenas materiais e em um caso não foi possível identificar o tipo de indenização (2%). No ano 2015, o menor valor de indenização foi R\$

2.439,99 e o maior valor foi R\$ 46.460,00. No ano 2016, o menor valor foi R\$ 5.200,00 e o maior valor foi R\$ 32.147,00. O valor médio indenizatório para o período avaliado foi de R\$ 15. 657,78.

As tabelas 2 a 5 apresentam para as especialidades mais detectadas no levantamento (implantodontia, ortodontia, prótese e endodontia) o tipo de obrigação (de resultado ou de meio), a decisão judicial (condenado ou absolvido), a indenização para o paciente (moral e/ou patrimonial, no caso de o CD ter sido condenado) e o valor médio de indenização.

Tabela 2- Distribuição numérica e porcentual do tipo de obrigação, da decisão judicial, da indenização por danos materiais e/ou morais (*considerando apenas os casos condenados) e o valor médio da indenização, para a especialidade Implantodontia (n=34).

		N	%
Tipo de obrigação	Resultado	25	73
	Meio	01	4
	Não apresentado	08	23
Decisão judicial	Condenado*	25	73
	Absolvido	09	27
Indenização por danos *	Materiais e morais	16	64
	Materiais	02	8
	Morais	06	24
	Não apresentado	01	4
Valor médio da indenização	R\$ 15.111,49		

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados coletado do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (2015-2016).

Tabela 3 - Distribuição numérica e porcentual do tipo de obrigação, da decisão judicial, da indenização por danos materiais e/ou morais (*considerando apenas os casos condenados) e o valor médio da indenização, para a especialidade Ortodontia (n=15).

		N	%
Tipo de obrigação	Resultado	04	27
	Meio	01	7
	Não apresentado	10	66
Decisão judicial	Condenado*	05	34
	Absolvido	10	66
Indenização por danos*	Materiais e morais	03	60
	Materiais	0	-
	Morais	02	40
	Não apresentado	0	-
Valor médio da indenização	R\$ 20.238,75		

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados coletado do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (2015-2016).

Tabela 4 - Distribuição numérica e porcentual do tipo de obrigação, da decisão judicial, da indenização por danos materiais e/ou morais (*considerando apenas os casos condenados) e o valor médio da indenização, para a especialidade Prótese (n=15).

		N	%
Tipo de obrigação	Resultado	05	36
	Meio	01	7
	Não apresentado	09	57
Decisão judicial	Condenado*	08	57
	Absolvido	06	43
Indenização por danos*	Materiais e morais	05	62
	Materiais	01	13
	Morais	02	25
	Não apresentado	-	-
Valor médio da indenização	R\$ 11.794,99		

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados coletado do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (2015-2016).

Tabela 5- Distribuição numérica e porcentual do tipo de obrigação, da decisão judicial, da indenização por danos materiais e/ou morais (*considerando apenas os casos condenados) e o valor médio da indenização, para a especialidade Endodontia (n=10).

		N	%
Tipo de obrigação	Resultado	05	50
	Meio	03	30
	Não apresentado	02	20
Decisão judicial	Condenado*	04	37
	Absolvido	07	63
Indenização por danos*	Materiais e morais	01	25
	Materiais	-	-
	Morais	03	75
	Não apresentado	-	-
Valor médio da indenização	R\$ 10.365,00		

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados coletado do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (2015-2016).

Ao consultar o site do CFO, foi constatado que existiam 87.156 CDs em atividade no estado de São Paulo e, ao aplicar a fórmula do coeficiente processual no estado de São Paulo, verificou-se que a cada 1.000 CDs em atividade, 1,10 foi exposto a processo de responsabilidade civil no período de 2015- 2016. Em relação ao coeficiente processual por especialidade, os resultados estão apresentados na tabela 6, sendo que a quantidade de especialistas por área (implantodontia, ortodontia, prótese, endodontia, cirurgia e periodontia) foi obtida no site do CROSP.

Tabela 6- Distribuição numérica, porcentual e coeficiente de experiência processual das especialidades citadas e envolvidas nas decisões em processos civis contra CDs no estado de São Paulo, 2015-2016.

Especialidade	N *	%	Quantidade de especialistas **	Coeficiente de experiência processual
Implantodontia	34	42	2.873	12,18
Ortodontia	15	20	5.330	2,8
Prótese	15	20	2.185	6,80
Endodontia	10	12	3.444	2,90
Cirurgia	5	5	1.604	3,11
Periodontia	1	1	2.609	0,39
TOTAL	80	100	18.045	4,43

Fonte: Elaborado pelos autores. Dados coletado do *Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (2015-2016) e **Conselho Regional De Odontologia de São Paulo (2017).

4 DISCUSSÃO

O ato ilícito consiste na violação de direito alheio e na provocação de dano, ainda que apenas moral, por meio de uma ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência. A responsabilidade civil poderá ser subjetiva (quando houver culpa do agente, por imprudência, negligência e imperícia) ou objetiva (quando a atividade do agente é de risco). A regra geral do Código Civil Brasileiro (artigos 927 e 951) (BRASIL, 2002) e do Código de Defesa do Consumidor (§4º do art. 14) (BRASIL, 1990) exigem a comprovação da culpa do agente (CD). Desse modo, o CD somente será responsabilizado civilmente por algum dano causado ao cliente, material ou moral, se for comprovada sua culpa. Quanto à obrigação, a relação contratual CD- paciente poderá ser de meio ou de resultado. Na obrigação de meio, o profissional se compromete a utilizar todos os meios para atingir o melhor resultado possível, mas, mesmo assim, nem sempre consegue tal finalidade, pois existem fatores que fogem ao controle do CD. Já na obrigação de resultado, é exigido o resultado final proposto na contratação do serviço e o não cumprimento do contrato poderá significar obrigação de indenização por parte do profissional (SILVA, 2010; MEDEIROS, COLTRI, 2014; DARUGE *et al.*, 2017).

A escolha de centralizar o levantamento das decisões judiciais no estado de São Paulo foi decidida após análise do trabalho de Wanderley e Lima *et al.* (2012), que avaliaram 1.046 jurisprudências no período de 2006 a 2011 e constaram que o estado de São Paulo possuía a maior quantidade de processos de responsabilidade civil contra CD (n=374, 35,76%), assim como no trabalho de Lyra *et al.* (2019). Observamos no levantamento dos acórdãos sobre a responsabilidade civil do CD no período de 2015-2016, que os magistrados consideraram em 51% dos casos que o tratamento odontológico apresentava responsabilidade subjetiva e em 34% dos casos esse dado não pode ser avaliado, pois tal informação não existia na decisão judicial. Na responsabilidade civil subjetiva, com base na teoria da culpa, pressupõe a culpa como fundamento. A prova da culpa, oriunda de um comportamento negligente, imprudente ou imperito do profissional, passa a ser pressuposto necessário ao dano indenizável (COELHO *et al.*, 2012). Verificamos nesse trabalho que em 15% dos processos judiciais contra CD a responsabilidade civil foi considerada como objetiva.

Na responsabilidade civil objetiva, a lei impõe a reparação de um dano cometido sem culpa, ou seja, satisfaz-se apenas com o dano e o nexo de causalidade entre atendimento odontológico e a lesão ocorrida. Nesse caso, a punição do CD num processo judicial possui a função pedagógica de prevenir novos prejuízos ou acidentes com outros pacientes (GONÇALVES *et al.*, 2012). Importante observar que, atualmente, quase todas as atividades implicam em algum tipo de risco e, não tendo o legislador definido quais seriam estas atividades de risco, caberá à jurisprudência tal função (BERALDO *et al.*, 2004).

No tratamento odontológico com obrigação de meio, o profissional vai empregar seus conhecimentos, meios e técnicas para a obtenção de determinado resultado sem, no entanto, prometé-lo, mas na obrigação de resultado o fim prometido deverá ser alcançado (GONÇALVES *et al.*, 2012). As especialidades que tradicionalmente possuem obrigação de resultado são a dentística (principalmente envolvendo estética), a prótese dental, a radiologia, a implantodontia e a ortodontia (VENOSA, 2006). Atualmente a doutrina majoritária afirma ser de resultado a obrigação do CD, pois a etiologia dos problemas bucais seria específica, com diagnóstico mais definido e, conseqüentemente, os tratamentos seriam repetitivos e com resultados previsíveis. Infelizmente, os juízes se esqueceram de considerar, nessa questão, a resposta biológica do paciente, que não possui previsibilidade (SILVA *et al.*, 2011; PRADO *et al.*, 2016). Observamos nas decisões judiciais analisadas que no período de 2015 e 2016, os magistrados decidiram que o tratamento odontológico possuía obrigação de resultado em 49 casos (52%) e obrigação de meio em 08 dos processos (9%) analisados (tabela 1). Em 37 casos (39%) essa informação não foi apresentada. No trabalho de Lyra *et al.* (2019) das 89 condenações, 49,44% foram consideradas como obrigação de resultado e apenas 5,62% como de meio. Wanderley e Lima *et al.* (2012) também observaram que muitos parâmetros estabelecidos na pesquisa não puderam ser observados na análise dos processos judiciais. Esses autores detectaram que em 77,5% dos casos não foi possível a classificação do tipo de obrigação contratual do CD (se de meio ou resultado), assim como em relação ao tipo de responsabilidade, pois 70% das ementas não classificavam se a responsabilidade era objetiva ou subjetiva.

De modo geral, as especialidades odontológicas mais envolvidas em processo de responsabilidade civil foram implantodontia (42%), ortodontia (20%), prótese (20%), endodontia (12%) e cirurgia (5%); o que está de acordo com os estudos de De Paula (2007) e Wanderley e Lima *et al.* (2012). Magalhães *et al.* (2019) constataram que as especialidades mais envolvidas nos casos de responsabilidade civil foram prótese dentária, ortodontia e implantodontia, nessa ordem. O trabalho de Lyra *et al.* (2019) citou, na sequência, as especialidades de prótese e implantodontia como as mais presentes e nos estudos de Zanin *et al.* (2016) se destacaram prótese, cirurgia oral maxilofacial, ortodontia e implantodontia. Lino- Júnior *et al.* (2017) apresentaram, sequencialmente, nas ações cíveis instauradas entre 2006 e 2015 as especialidades de cirurgia, endodontia, implantodontia, prótese e ortodontia. De modo geral, as especialidades de implantodontia, ortodontia e prótese vêm se destacando em estudos mais recentes (LYRA *et al.* 2019; MAGALHÃES *et al.* 2019). Em relação a obrigação de resultado, para cada tipo de especialidade (tabelas 2-5), foi de 73% para implantodontia, 27% para a ortodontia, 36% para prótese e 50% para endodontia. Pelo princípio da indenidade, o juiz poderá determinar a inversão do ônus probatório com base no artigo 60, inciso VIII do Código de defesa do consumidor (BRASIL, 1990). Se o magistrado considerar no processo que o caso se trata de obrigação de resultado, pode-se considerar que a culpa é presumida e, portanto, inverte-se o ônus da prova e

ao demandado (CD) compete demonstrar a inexistência de culpa para exonerar-se da obrigação, ou seja, o profissional deverá provar, em juízo, que não agiu com imprudência, imperícia ou negligência no desempenho de sua atividade; ou que a culpa foi exclusiva da vítima ou, ainda, o fato ocorreu por caso fortuito ou por força maior (DENARI, 2007; SILVA *et al.*, 2010; KFOURI *et al.*, 2019;). Ao analisarmos o período de 2015- 2016, os juízes aplicaram a inversão do ônus da prova em 46 (49%) das 94 decisões analisadas. Diante da possibilidade de inversão do ônus de prova, o CD precisa ter a consciência que o único meio de provar que agiu com prudência e diligência será por meio do prontuário odontológico bem elaborado. Dentre outros cuidados, deverá existir a atenção do profissional no preenchimento da ficha clínica em relação à escolha do plano de tratamento proposto ao paciente, orientações sobre o tratamento, assim como os detalhes das marcações nos odontogramas de antes e depois do tratamento executado. A elaboração do termo de consentimento do paciente sobre o tratamento proposto tornou-se importante na clínica diária, pois além de satisfazer as exigências do Código de defesa do consumidor, ainda demonstra a participação do paciente nas decisões do tratamento empreendido. A assinatura do paciente na evolução do tratamento, também comprova que a autonomia do paciente foi respeitada. Outros componentes do prontuário odontológico também colaborarão na defesa do profissional, quando bem executados e guardados, como as radiografias, os modelos de gesso, as fotos dos trabalhos executados e as cópias das recomendações de higiene oral e as orientações específicas de cada especialidade (SILVA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011).

O valor da indenização é baseado na extensão do dano sofrido pela vítima. Ao condenar o ofensor, a lei busca o ressarcimento do prejuízo, mas a condenação também possui caráter pedagógico, que é a instrução ao culpado para não repetir a mesma situação. Os danos morais devem ser arbitrados pelo juiz tendo em consideração o sofrimento da vítima e às condições econômicas do ofensor e da vítima, não podendo gerar enriquecimento sem causa da vítima (TARTUCE, SARTORI, 2014). Nesse trabalho, o valor médio de indenização foi de 15 mil reais, relacionados a danos materiais e morais (64%), apenas danos morais (28%) ou apenas materiais (6%). Zanin *et al.* (2016) detectaram que os danos pecuniários envolvidos nesse tipo de ação variaram de R \$ 485,50 a R \$ 12.530,00. No nosso trabalho, o valor de maior indenização foi de quase R\$ 37.000,00, relacionado à especialidade de implantodontia, sendo que essa especialidade e esse valor também foram apresentados nos estudos de Zanin *et al.* (2016).

O coeficiente processual aplicado no estudo verificou que para cada 1.000 CDs do estado de São Paulo 1,1 já foi julgado em processos de responsabilidade civil. Wanderley e Lima *et al.* (2012) obtiveram o valor de 5,76; mas esse dado estava relacionado à região sudeste e surgiu a partir de uma análise num período maior de tempo (6 anos). Em relação ao coeficiente processual por especialidade, foi possível constatar que para cada 1.000 implantodontistas, 12,18 foram expostos às ações de responsabilidade civil, e para as demais especialidades foram 2,80 para Ortodontia; 6,80 para Prótese; 2,90 para Endodontia; 3,11 para Cirurgia e 0,39 para Periodontia. No geral, para cada 1.000 especialistas, mais de quatro foram processados por seus pacientes, que exigiram indenização por danos materiais e/ou morais (Tabela 6).

4 CONCLUSÃO

Após a análise de 94 decisões judiciais relacionadas aos processos de responsabilidade civil contra CDs no estado de São Paulo no período de 2015 e 2016,

podemos concluir que o tratamento odontológico foi considerado como de obrigação de resultado (52%) com responsabilidade do tipo subjetiva (51%), sendo que a inversão do ônus da prova ocorreu em 49% dos casos. O valor médio indenizatório foi de R\$ 15. 657,78 e implantodontia, a especialidade odontológica mais envolvida (42%), seguida por Ortodontia (20%), Prótese (20%), Endodontia (12%), Cirurgia (5%) e Periodontia (1%).

REFERÊNCIAS

BERALDO, L. F.A. Responsabilidade civil no Parágrafo único do Art. 927 do código civil e alguns apontamentos do direito comparado. **Novos Estudos Jurídico NEJ.**, v. 9, n. 2, p. 317-40, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.14210/nej.v9n2.p317-340>.

BRASIL. **Lei n. 10.406, 10 de janeiro de 2002.** Institui Código Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2002 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm. Acesso em: 22 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990.** Código de Defesa do Consumidor. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm. Acesso em: 30 mar. 2019.

COELHO, F.U. **Curso de direito civil**, volume 2: obrigações: responsabilidade civil. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

CONSELHO REGIONAL DE ODONTOLOGIA DE SÃO PAULO. **[Especialidades]**. 2017. Disponível em: www.crosp.org.br. Acesso em: 10 mar. 2019.

DARUGE, E.; DARUGE JÚNIOR, E.; FRANCESQUINI JÚNIOR, L. **Tratado de odontologia legal e deontologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017.

DENARI, Z. **Código Brasileiro de Defesa do Consumidor, comentado pelos autores do anteprojeto**. 9 ed. São Paulo: Editora Forense, 2007.

DE PAULA, F.J. **Levantamento das jurisprudências de processos de responsabilidade civil contra cirurgiões-dentistas nos tribunais do Brasil por meio da internet**. 2007. (Tese de Doutorado). Faculdade de Odontologia- Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2007. 132 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/23/23148/tde-10042008-183335/publico>.

GONÇALVES, C. R. **Direito civil esquematizado volume 1**: parte geral das obrigações e contrato São Paulo: Saraiva, 2ed., 2012.

KFOURI NETO, M. **Responsabilidade Civil do Médico**. 10 ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2019.

LINO-JUNIOR, H.L. *et al.* Levantamento de processos de responsabilidade civil envolvendo a odontologia na comarca de Londrina, Paraná, Brasil. **Rev. Jurídica**, v. 1, n. 146, p. 515- 31, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.5581765>.

LYRA, M.C.A.R.; PEREIRA, M.M.F.A.; MUSSE, J.O. A obrigação de resultado nas ações de responsabilidade civil do cirurgião-dentista no Brasil, em 2017. **Rev Bras Odontol Leg RBOL**, v. 6, n. 3, p. 47-58, 2019.

MAGALHÃES, L.V.; COSTA, P.B.; SILVA, R.H.A. Análise dos processos indenizatórios envolvendo a odontologia na grande vitória, Espírito Santo, Brasil. **Rev Bras Odontol Leg RBOL**, v. 6, n. 2, p. 13-20, 2019.

MEDEIROS, U.V.; COLTRI, A.R. Responsabilidade civil do cirurgião-dentista. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 71, n.1, p. 10-6, 2014.

NEVES, H.M.; CANETTI, A.C.V. Levantamento da jurisprudência nas ações de responsabilidade civil contra cirurgiões dentistas no estado de São Paulo. *In*: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21., 2017, São José dos Campos. **Anais eletrônico [...]**. São José dos Campos: Univap, 2017. Disponível em:
http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/RE_0529_0188_01.pdf. Acesso em: 30 nov. 2020.

OLIVEIRA, C.M.L. *et al.* Processos movidos contra cirurgiões-dentistas no Conselho Regional de Odontologia – seção Pará – nos últimos sete anos. **Saúde, Ética Justiça**, v. 15, n. 2, p. 46-52, 2010. Disponível em:
<http://www.revistas.usp.br/sej/article/view/45764/49356>. Acesso em: 24 abr. 2019.

PRADO, M.M. *et al.* Ortodontia e a interpretação de sua natureza obrigacional: análise do potencial de impacto de uma decisão do Superior Tribunal de Justiça (STJ). **Rev. Bras. Odontol Leg RBOL**, v. 3, n. 2, p. 53-65, 2016. DOI:
<http://dx.doi.org/10.21117/rbol.v3i2>.

SÃO PAULO, Tribunal de Justiça. **[Processos]**. 2015-2016. Disponível em:
<http://www.tjsp.jus.br> Acesso em: 10 mar. 2019.

SILVA, M.; ZIMMERMANN, R.D.; DE PAULA, F.J. **Deontologia odontológica: ética e legislação**. São Paulo: Santos, 2011.

SILVA, R.H.A. *et al.* Responsabilidade civil do cirurgião-dentista: a importância do assistente técnico. **Rev. Dent. Press. Ortop. Facial**, Maringá, v. 14, n. 6, p. 65-71, nov/dez, 2009. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/dpress/v14n6/a09v14n6.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2019

SILVA, R.H.A. **Orientação profissional para cirurgião-dentista: ética e legislação**. São Paulo: Santos, 2010.

TARTUCE, F.; SARTORI, F. **Como se preparar para o exame de Ordem**. 12. ed. São Paulo: Método, 2014.

VENOSA, S.S. **Direito Civil: Responsabilidade Civil**. São Paulo: Atlas; 2006.

ZANIN, A.A.; HERRERA, L.M.; MELANI, R.F.H. Civil liability: characterization of the demand for lawsuits against dentists. **Braz Oral Res.**, v. 30, n. 1, p. 1–8, 2016. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-3107BOR2016.vol30.0091>.

WANDERLEY E LIMA, R.B. *et al.* Levantamento das Jurisprudências de Processos de Responsabilidade Civil Contra Cirurgiões-Dentistas nos Tribunais de Justiça Brasileiro. **R. Bras. Ci. Saúde**, João Pessoa, v. 16, n. 1, p. 49–58, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rbcs/article/view/12262>. Acesso em: 10 mar. 2019.

FOTOBIMODULAÇÃO NO TRATAMENTO DE NEURALGIA PÓS-HERPÉTICA: CASO CLÍNICO

PHOTOBIMODULATION IN THE TREATMENT OF POST-HERPETIC NEURALGIA: A CLINICAL CASE

Erick Giovanni Reis Silva¹
Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa²
Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins³
Raimundo Nonato Silva Gomes⁴
Renata Amadei Nicolau⁵
Ana Paula Pinto⁶

Resumo: O presente caso clínico teve por objetivo avaliar a ação da fotobiomodulação (PBM) no tratamento de paciente com diagnóstico de Neuropatia Pós-Herpética (NPH), visando o alívio da dor e a melhora da qualidade de vida. Para a PBM utilizou-se um cluster com três lasers de GaAIs, com os parâmetros: 660 nm, 100 mW, irradiação pontual, 40 s/ponto, 4 J/cm² por ponto e total de 10 sessões. Para aferição da dor foram utilizadas a Escala Visual Analógica da Dor (EVA) e Algometria, e a qualidade de vida, com aplicação do Questionário de Avaliação da Qualidade de Vida -SF-36. Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva e ao teste estatístico T pareado, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados deste estudo demonstraram redução da dor quando comparadas a 1^a à 10^a sessão, tanto pela EVA quanto pela Algometria. Com relação à análise da qualidade de vida, foi observada uma melhora significativa em todos os oito domínios avaliados. Portanto, conclui-se que a PBM foi eficaz no tratamento da NPH visto que houve redução da dor e melhora na qualidade de vida. Esses resultados são importantes e podem nortear novas pesquisas clínicas que objetivem o emprego da PBM no tratamento da NPH.

Palavras-chave: Neuralgia pós herpética. Qualidade de vida. Fotobiomodulação. Laser. Escala visual analógica.

Abstract: The present clinical case aimed to evaluate the action of photobiomodulation (PBM) in the treatment of a patient diagnosed with Post-Herpetic Neuropathy (PHN), aiming at pain relief and improvement of the quality of life. For the PBM, a cluster with three GaAIs lasers was used, with the parameters: 660 nm, 100 mW, point irradiation, 40 seconds per point, 4 J/cm² per point and a total of 10 sessions. To measure the pain, the Visual Analog Pain Scale (VAS) and Algometry were used, as well as the quality of life, applying the Quality of Life Assessment Questionnaire - SF-36. The data obtained was submitted to descriptive analysis and to the paired T statistical test, with a significance level of 5% ($p < 0.05$). The results of this study showed pain reduction compared to the 1st to the 10th sessions, both by

¹ Mestre em Engenharia Biomédica - Univap, E-mail: erickgiovannirs@yahoo.com.br.

² Docente da Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: mirelarisawa@hotmail.com.

³ Universidade Brasil, E-mail: ralopesmartins@gmail.com.

⁴ Docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ, E-mail: raigomezz19@gmail.com.

⁵ Doutora em Ciências Experimentais Aplicada à Biomedicina, E-mail: renatanicolau@hotmail.com.

⁶ Doutoranda em Engenharia Biomédica pela Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: apaula@outlook.com.br.

VAS and Algometry. Regarding the analysis of the quality of life, a significant improvement was observed in all eight domains evaluated. Therefore, it is concluded that PBM was effective in the treatment of PHN, since there was a reduction in pain and an improvement in the quality of life. These results are important and may guide new clinical research aimed at the use of PBM in the treatment of PHN.

Key words: Post-herpetic neuralgia. Quality of life. Photobiomodulation. Laser. Visual analog pain scale.

Data de submissão: 26.03.2020

Data de aprovação: 10.05.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2494>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2494>).

1 INTRODUÇÃO

A neuralgia, sintoma mais comum em pacientes acometidos por *Herpes zoster* (HZ), é caracterizada por dor neuropática crônica no trajeto do nervo afetado, com persistência mínima de um mês e início entre um e seis meses após a cura das erupções cutâneas, podendo durar anos. A incidência de neuralgia pós-herpética (NPH) varia entre 10% e 20% em adultos imunocompetentes (PORTELLA; SOUZA; GOMES, 2013).

O vírus *Varicella-zoster* (VVZ) é um *Herpesvírus* que causa a varicela e persiste de forma latente no sistema nervoso após um quadro de infecção primária. A reativação do VVZ em um nervo craniano ou no gânglio dorsal da raiz, com propagação ao longo do nervo sensorial para o dermatomo, leva a manifestações cutâneas dolorosas, condição essa denominada Neuralgia pós-herpética (NPH) (COELHO *et al.*, 2014).

O quadro clínico da HZ é, quase sempre, típico. A maioria dos indivíduos refere dores neurálgicas, além de parestesias, ardor e prurido locais antecedendo as lesões cutâneas, acompanhado de febre, cefaleia e mal-estar. A lesão elementar apresenta-se como uma vesícula sobre base eritematosa. A erupção é unilateral, raramente ultrapassando a linha mediana do corpo, seguindo o trajeto de um nervo e surge de modo gradual, levando de 2 a 4 dias para se estabelecer (BRASIL, 2019).

Devido à elevada frequência da NPH, essa complicação se destaca por afetar diretamente a qualidade de vida do indivíduo acometido. Sua incidência é de grande variação, dependendo muito da idade e fatores que corroboram para diminuição do sistema imunológico, sendo que 5% dos pacientes têm menos de 60 anos, 10% encontram-se entre 60 e 69 anos e 20% acometem indivíduos com mais de 80 anos (YAWN *et al.*, 2013).

Atualmente, o tratamento convencional é realizado com a administração de medicamento antiviral, sendo os mais comuns o aciclovir, valaciclovir e o fanciclovir. Estes fármacos têm sua eficácia comprovada na redução na formação de novas lesões, sem muitos efeitos sobre a dor aguda (CHEN *et al.*, 2014, BRASIL, 2019; LE; ROTHBERG, 2019). Considerando a dificuldade encontrada para tratamento da NPH, torna-se desafiadora e necessária uma intervenção multiprofissional, incluído diferentes fármacos, procedimentos e terapias adjuvantes não farmacológicas (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Os indivíduos que sofrem com a NPH apresentam qualidade de vida reduzida, visto que em vários casos, a dor é incapacitante, limitando suas atividades laborais e do cotidiano, interferindo em diversos âmbitos da vida dos pacientes, inclusive no aspecto psicológico, com desenvolvimento de depressão (YOUNGER; MCCUE; MACKEY, 2009; DING *et al.*, 2017).

A fotobiomodulação (PBM) se apresenta como nova ferramenta terapêutica para tratamento da NPH, tendo sido empregada com sucesso na prática clínica e ciências da saúde, pelas ações anti-inflamatória, analgésica, antiedematosa e por favorecer o processo de reparo tecidual. PBM tem demonstrado ser uma opção de tratamento efetiva, não invasiva, não medicamentosa e segura, pelos resultados relatados em outras afecções que comprovaram sua ação na redução da dor, indicando seu potencial para tratamento de pacientes acometidos pela NPH (CAVALCANTI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2018; GOMES, 2018; NEVES *et al.*, 2020).

Considerando o exposto, o objetivo deste caso clínico foi avaliar o impacto da fotobiomodulação na dor e na qualidade de vida de um indivíduo portador de Neuralgia pós-herpética.

2 METODOLOGIA

Aspectos éticos e legais

O projeto de pesquisa foi submetido à Plataforma Brasil e, após sua aprovação (CEP- 3.267.653, CAAE: 08945719.1.0000.5503) foram iniciadas as atividades clínicas no Centro de Práticas Supervisionadas da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba. Os pesquisadores responsáveis comprometeram-se a seguir as normas preconizadas pela Resolução do CNS 466/12 e suas complementares, que tratam dos aspectos éticos e legais da pesquisa envolvendo seres humanos.

Trata-se de caso clínico de paciente com acometimento neurálgico *pós-herpes zoster* em diversas regiões do corpo, que apresentava condições de cooperar com o protocolo estabelecido pelo estudo. Antes do início do tratamento, o paciente fez a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, tomando ciência dos passos do protocolo clínico a ser aplicado e da eventual publicação dos resultados obtidos, resguardando sua identidade.

Caracterização da paciente

Paciente do gênero feminino, 41 anos, residente na cidade de São José dos Campos - São Paulo, Brasil, diagnosticada com *Herpes zoster* em abril de 2019, apresentando lesões em região torácica anterior (inframamária). Foi submetida ao tratamento padrão com aciclovir (via oral) e analgésicos, para diminuição da carga viral e melhora da dor, respectivamente. Negou doenças prévias e quaisquer tipos de tratamento médico no momento do início do atendimento. Relatou cicatrização das lesões em aproximadamente 3 semanas após o início das lesões cutâneas. Posteriormente à cicatrização das lesões causadas pelo HZ, informou que sentia frequentes dores na região afetada e relatou que houve retardo no diagnóstico de NPH (Neuralgia pós-herpética), tanto pelo tempo decorrido, que o dissociava da HZ, quanto pelos sintomas nem sempre específicos. Quando procurou nosso serviço, em setembro de 2019, relatava dor intensa em região acometida pelo HZ principalmente quando se movimentava. Relatou, ainda, que no momento do atendimento utilizava

dipirona, pois fármacos mais potentes prejudicavam suas atividades diárias e interferiam diretamente em sua qualidade de vida.

Protocolo da Fotobiomodulação

O protocolo de PBM constou de irradiações pontuais ao longo do trajeto do nervo acometido pelo *Herpesvírus*, com distância de 2 cm entre cada ponto, medida com o auxílio de uma régua. Para demarcação dos pontos na pele, foi utilizada uma caneta hipoalergênica resistente à umidade. Foi utilizado um aparelho laser, denominado cluster, com três lasers de GaAlAs (DMC, Brasil) com comprimento de onda de 660 nm (vermelho) e potência de 100 mW. O tratamento contou com um total de 10 sessões, intervalo mínimo de 36 horas entre cada uma, durante 4 semanas. Os parâmetros de irradiação utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de irradiação da PBM utilizados no presente estudo.

Parâmetros de aplicação da PBM	
Comprimento de onda (nm)	660 (vermelho)
Potência do equipamento (mW)	100
Tempo de irradiação por ponto (segundo)	40
Energia por ponto (J)	4
Diâmetro do feixe (cm ²)	0,1
Número de pontos	6
Total de sessões	10 sessões

Fonte: Elaborado pelos autores.

Protocolo da Fotobiomodulação

Para avaliar a qualidade de vida foi aplicado o questionário de Avaliação de Qualidade de Vida SF-36 (Short-Form Health Survey), instrumento que permite avaliar a Qualidade de Vida (QV) de forma multidimensional, desenvolvido em 1992 por Ware e Sherbourne em 1992 e validado no Brasil por Ciconelli *et al.*, 1999.

O questionário SF-36 é amplamente utilizado em pesquisas na área da saúde e foi traduzido e adaptado para a população brasileira segundo a metodologia internacionalmente aceita. Esse instrumento é composto por 36 itens englobados em oito escalas ou componentes: capacidade funcional, aspectos físicos, dor, estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais, aspectos emocionais, saúde mental e mais uma questão de avaliação comparativa entre as condições de saúde atual e a do período anterior. Avalia tanto aspectos negativos de saúde (doença ou enfermidade) quanto os aspectos positivos (bem-estar).

A avaliação dos resultados obtidos com a aplicação do instrumento SF-36 é realizada em duas fases. A primeira fase é de ponderação dos dados. As respostas de cada item são ponderadas com um valor pré-determinado e recebem uma pontuação de acordo com os autores do questionário. A segunda fase é o cálculo de Raw Scale. Nesta fase os valores são transformados em notas dos 8 domínios, que

variam de 0 a 100, cujo valor obtido não apresenta nenhuma unidade. Quanto mais próximo ao valor 0, pior é a qualidade de vida, e quanto mais próximo a 100, melhor é a qualidade de vida.

Seguindo essas premissas, o SF-36 foi aplicado em dois momentos distintos, antes da aplicação do protocolo (1ª sessão) e após o término do tratamento (10ª sessão). Os resultados obtidos foram avaliados pela atribuição de escores para cada questão, os quais foram transformados em escala de zero (0) a cem (100).

Avaliação da dor referida pelo instrumento EVA

Para avaliação do nível de dor, foi utilizada a Escala Visual Analógica da Dor (EVA), instrumento unidimensional empregado para avaliação da intensidade da dor, largamente utilizada em pesquisas e atendimentos a pacientes. Trata-se de uma régua com as extremidades numeradas de 0-10. Em uma extremidade da linha é marcada “nenhuma dor” e na outra “pior dor imaginável”. Foi solicitado à paciente para avaliar e marcar na régua a dor percebida naquele momento. A EVA foi apresentada à paciente antes do início de cada uma das sessões de PBM, conforme previsto no protocolo clínico.

Avaliação da algometria pelo instrumento Analgesímetro Digital

Para avaliar quantitativamente a dor (algometria), foi utilizado um instrumento denominado analgesímetro digital (EFF 301, INSIGHT). Esse aparelho avalia a sensibilidade à dor a partir da pressão positiva exercida pela ponteira do sensor no local de dor referido pelo paciente, resultando em um valor quantificado em gramas (g). Ressalta-se que quanto maior for o limiar de dor, menor é a tolerância do ponto de pressão, e quanto menor for o limiar de dor, maior será a tolerância do ponto de pressão.

A paciente foi instruída a sinalizar ao pesquisador quando começasse a sentir a dor no local em que era exercida a pressão e, também, quando a dor se tornava intolerável. Ao sinalizar a dor, a ponteira era imediatamente retirada da referida região, e o valor em gramas apresentado no visor do equipamento era registrado para posterior análise. Essa avaliação foi realizada em cada uma das 10 sessões estabelecidas no protocolo clínico, sendo que a primeira avaliação foi realizada antes de seu início e a última após o término do protocolo com PBM.

Análise estatística

Os dados obtidos foram digitados, tabulados e analisados com o auxílio do programa Microsoft Excel®, utilizando-se o teste T pareado para avaliação de possíveis efeitos da PBM, adotando nível de significância de 5% ($p < 0,05$), visando comprovar existência de diferença estatística significativa, antes e após a aplicação da PBM. Para melhor análise dos dados obtidos pelo SF-36, antes (1ª sessão) e após o tratamento (10ª sessão) foi realizada análise descritiva visando comparar, de forma isolada, cada domínio do instrumento.

3 RESULTADOS

Para análise do limiar de dor pela escala visual analógica (EVA), o período do tratamento com PBM foi dividido em dois momentos, favorecendo a análise detalhada

dos dados aferidos. Estabeleceu-se que o primeiro momento (início da PBM) correspondia aos valores obtidos entre a 1ª e 5ª sessões, enquanto o segundo momento (final da PBM), correspondia aos valores detectados entre a 6ª e 10ª sessões. A Tabela 2 e o Gráfico 1 apresentam os resultados da análise estatística dos dados, permitindo observar diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparadas as médias dos valores do primeiro momento ($5 \pm 1,2$) com as do segundo momento ($2,4 \pm 0,5$).

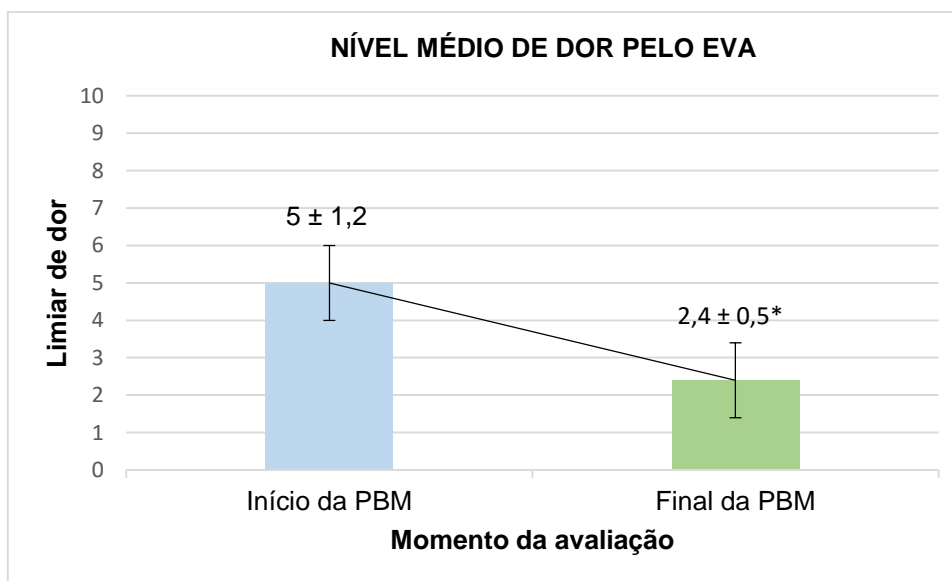
Tabela 2- Resultados da dor referida obtidos com a Escala Visual Analógica (EVA) no primeiro momento do protocolo (entre a 1ª e 5ª sessão) e no segundo momento do protocolo com PBM (entre 6ª e 10ª sessão). Valor de p obtido a partir do teste T pareado, analisando os valores entre as sessões ($p < 0,05$).

EVA – Escala Visual Analógica				
Início da PBM		Final da PBM		* p
Nº da sessão	EVA	Nº da sessão	EVA	
1ª	7	6ª	3	
2ª	4	7ª	3	
3ª	5	8ª	2	
4ª	5	9ª	2	
5ª	4	10ª	2	
Média ± DP	5 ± 1,2	2,4 ± 0,5	0,003	

Legenda: * p = Valor de significância $< 0,05$ / \pm DP = Desvio padrão em relação à média.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 1 - Gráfico representativo da média \pm DP (Desvio Padrão) da dor referida pela EVA quando comparados o primeiro momento do protocolo (entre a 1ª e 5ª sessão) ao segundo momento do protocolo com PBM (entre 6ª e 10ª sessão).



Legenda: \pm DP: Desvio padrão em relação a média / * p = Valor de significância $< 0,05$.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O questionário SF-36 foi aplicado antes do início da 1ª sessão e da 10ª sessão

de tratamento com PBM, possibilitando avaliar a qualidade de vida do indivíduo nesses dois momentos distintos. Observou-se que todos os domínios apresentaram resultados positivos e podem ser apresentados na seguinte ordem, do mais expressivo para o menos expressivo: limitação por aspectos físicos, vitalidade, capacidade funcional, dor, aspectos emocionais, aspectos sociais, saúde mental e estado geral de saúde. Por ser relato de caso clínico de um único indivíduo, foi utilizada a análise descritiva visando evidenciar aspectos importantes em momentos distintos do protocolo de tratamento proposto (Tabela 3 e Gráfico 2).

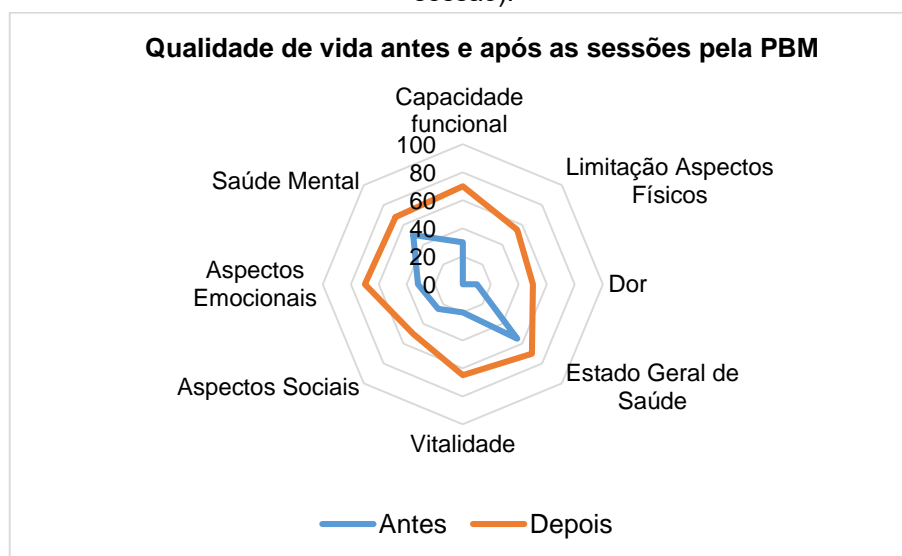
Tabela 3 - Resultado da análise descritiva de Qualidade de vida (SF-36), classificada por domínios, no momento inicial (pré-terapia) e no momento final (pós-terapia). Resultados obtidos a partir da pontuação do domínio correspondente na 1ª sessão, extraindo a diferença em porcentagem (%) comparados com a 10ª sessão. O índice de significância de $p < 0,001$ foi obtido comparando-se as médias (\pm DP) da 1ª sessão com as da 10ª sessão, considerando todos os domínios avaliados.

SF- 36				
Domínios	Antes	Depois	Diferença %	*p
	1ª sessão	10ª sessão		
Capacidade funcional	30	70	40	
Limitação por Aspectos Físicos	0	55	55	
Dor	10	50	40	
Estado Geral de Saúde	55	70	15	
Vitalidade	20	65	45	
Aspectos Sociais	25	50	25	
Aspectos Emocionais	32	70	38	
Saúde Mental	50	68	18	
Média \pm DP	27,75 \pm 18,56	62,25 \pm 9,05	34,5	0,001

Legenda: *p= Valor de significância $< 0,05$ / \pm DP = Desvio padrão em relação à média.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Gráfico 2 - Figura representativa dos dados obtidos em cada domínio pela aplicação do instrumento SF-36, de qualidade de vida, antes (1ª sessão) e após o término do tratamento com PBM (10ª sessão).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 4 são apresentados os valores do limiar de dor da paciente, obtidos com o auxílio do analgesímetro digital. A comparação das médias (\pm DP) dos dados obtidos na 1ª sessão (antes PBM) com os da 10ª sessão (após PBM) apresentou diferença significativa ($p < 0,039$), evidenciando aumento na tolerância a dor nos pontos de pressão após a terapia.

Tabela 4 - Dados obtidos pelo analgesímetro digital relacionados ao limiar de dor. Resultados obtidos a partir do teste de t pareado, comparação do limiar de dor referida na 1ª sessão e na 10ª sessão.

Algometria aferida pelo Analgesímetro Digital			
Pontos de Pressão	Valor em gramas (g)		
nº do ponto	1ª Sessão	10ª sessão	*p
1	213,4	350,3	
2	173,4	254,6	
3	226,8	246,3	
4	248,0	289,4	
5	107,6	213,8	
6	217,1	177,2	
Média \pm DP	197,7 \pm 50,42	255,2 \pm 60,15	*0,039

Legenda: *p= Valor de significância $< 0,05$ / \pm DP = Desvio padrão em relação à média.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4 DISCUSSÃO

A anamnese inicial da paciente do presente caso clínico permitiu verificar que a NPH acarretou prejuízos intensos em sua qualidade de vida. Estudos relacionados às pesquisas sobre NPH referem essa dor como causa incapacitante aos seus portadores, por interferir diretamente no desenvolvimento de atividades do cotidiano e, conseqüentemente, na qualidade de vida. Estão afetados tanto aspectos físicos quanto emocionais, tais como os relacionados a distúrbios do sono, dor com ou sem contato físico, frustração e, em alguns casos, até depressão (GOMES *et al.*, 2018; MIZUKAMI *et al.*, 2018).

Em estudo recente, desenvolvido por Mukhtar *et al.* (2020), foi realizado tratamento com PBM em 15 participantes diagnosticados com NPH (16 sessões, 8 semanas, entre início e fim do tratamento). Os pesquisadores apontaram redução da dor ao final do protocolo de tratamento, resultados semelhantes aos observados neste caso clínico, que também verificou redução na dor avaliada pela EVA.

Neste estudo foram empregados três instrumentos de coleta de dados, dois relacionados à avaliação da intensidade da dor e o terceiro aplicado para avaliar quantos e quais domínios da qualidade de vida estavam afetados pela NPH, permitindo que essas análises fornecessem maior confiabilidade aos resultados aqui relatados decorrentes a PBM para tratamento da NPH.

Como já relatado em estudos que utilizaram PBM em pacientes portadores de NPH, essa é uma terapia segura, tanto para os profissionais quanto para os pacientes, com riscos e efeitos colaterais mínimos, desde que utilizados os parâmetros adequados (GOMES *et al.*, 2018).

A PBM é apresentada como uma modalidade terapêutica válida quando aplicada em paciente portador de NPH, tendo em vista seus efeitos analgésico, anti-inflamatório e antiedematoso, que por sua vez pode reduzir a sintomatologia da dor, além da reparação tecidual e melhora da perfusão tecidual pela vasodilatação (DE CARVALHO *et al.*, 2009).

Observou-se, no presente caso clínico, que a paciente passou por dificuldades para o diagnóstico inicial da NPH, visto que as dores, que surgiram dois meses após a cura das erupções, foram associadas à outras causas. Estudos anteriores relataram que, em virtude do início da NPH apresentar grande variação temporal, que varia de mês até anos após a ocorrência das erupções cutâneas, o diagnóstico correto pode dispende tempo prolongado, acarretando piora no quadro algico (COELHO *et al.*, 2014; OLIVEIRA, *et al.*, 2016).

Vasconcelos Filho *et al.* (2012), em estudo de caso relatando os resultados obtidos com o uso da PBM em paciente com NPH, pós transplante pulmonar, atestaram a eficácia dessa ferramenta terapêutica pela melhora significativa da resposta algica, trazendo benefícios e redução do uso de fármacos, sendo essa uma importante vantagem da PBM.

O tratamento convencional da neuralgia pós-herpética contempla o uso de diversos fármacos tais como antidepressivos, anticonvulsivantes, opiáceos e anti-inflamatórios. Estudos demonstraram que o uso desses fármacos apresentam efeitos colaterais que afetam a qualidade de vida do paciente (DUBINSKY *et al.*, 2004; DWIGHT *et al.*, 2019).

A NPH é um acometimento, na maioria das vezes, incapacitante devido a dor, afetando de alguma forma a qualidade de vida de seus portadores, interferindo em suas atividades diárias e desencadeando problemas em diversos aspectos (MIZUKAM *et al.*, 2018; HWANG *et al.*, 2018). No presente caso clínico, foi possível observar os efeitos da NPH e os prejuízos diretos à qualidade de vida da paciente, que relatou a falta de energia para realização das atividades diárias, tanto físicas quanto laborais e as relativa ao convívio social. Ressalta-se que após o tratamento com PBM a paciente não fez mais uso de analgésicos em virtude da redução significativa da dor.

O emprego da EVA, antes da aplicação do protocolo clínico em todas as sessões, permitiu quantificar a dor referida pela paciente, ao longo do período analisado. Isso permitiu o acompanhamento contínuo de seu limiar de dor e demonstrar a redução significativa da dor na última sessão.

O questionário de qualidade de vida SF-36 permitiu obter visão holística individualizada do impacto da NPH na paciente atendida, fornecendo dados referentes aos oito domínios que refletem a qualidade de vida: capacidade funcional, limitação por aspectos físicos, dor, estado geral de saúde, vitalidade, aspectos sociais, aspectos emocionais e saúde mental. A partir da análise descritiva observou-se melhora em todos os domínios, sendo que o quesito limitação por aspectos físicos apresentou resultado expressivo (55%), bem como vitalidade, capacidade funcional, dor e aspectos emocionais, quando comparados os dados da primeira à última sessão.

Estatisticamente, foi observada significativa melhora ($p=0,001$) na qualidade de vida da paciente, quando comparados os domínios avaliados antes e após a PBM. A paciente do presente caso clínico relatou sensação de bem-estar, que permitiu que ela retomasse suas atividades diárias com mais disposição, demonstrando a ação positiva do tratamento com PBM na NPH.

A algometria tem sido usualmente utilizada quanto à quantificação da dor, permitindo identificar e acompanhar a evolução do limiar de dor de um paciente com

maior precisão ao longo de um protocolo de tratamento (PIOVESAN *et al.*, 2001). Sua aplicação no presente estudo possibilitou evidenciar diferença significativa ($p=0,039$) quando comparada a 1ª sessão (início da PBM) à 10ª sessão (término da PBM). Observou-se melhora expressiva do início da PBM ($197,7 \pm 50,42$) e término da PBM ($255,2 \pm 60,15$), demonstrando a eficácia do protocolo. Ressalta-se que o valor obtido era referente à sensação de dor em cada ponto de pressão exercida pela ponteira do equipamento sobre a região acometida pela NPH.

A NPH merece maior visibilidade nas ciências médicas, visto que o problema é real e afeta, principalmente, a população idosa e os pacientes imunodeprimidos, mais sensíveis aos prejuízos em sua qualidade de vida. Esses fatos incentivam a realização de novos estudos, com número ampliado de pacientes, buscando validar a eficácia do emprego da PBM no tratamento da NPH.

4 CONCLUSÃO

Os resultados do presente caso clínico sugerem que o protocolo clínico da PBM foi eficaz no tratamento de NPH, com evidente redução da dor e melhora da qualidade de vida. A utilização dos instrumentos EVA, Analgesímetro Digital e do Questionário SF-36 permitiram a aquisição de dados quantitativos fundamentais para análise da evolução dessa paciente, antes e após o tratamento.

AGRADECIMENTO

Agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES –Código de financiamento 001, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BRASIL Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. **Guia de Vigilância em Saúde**: volume único. 3ª. ed. Brasília, DF.: Ministério da Saúde, 2019.

CAVALCANTI, M.F. *et al.* Comparative study of the physiotherapeutic and drug protocol and low-level laser irradiation in the treatment of pain associated with temporomandibular dysfunction. **Photomed. laser surg.**, v. 34, n. 12, p. 652-656, 2016.

CHEN, N. *et al.* Antiviral treatment for preventing nerve pain after shingles (postherpetic neuralgia). **Cochrane Database Syst Rev.**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2014.

CICONELLI, R. M. *et al.* Tradução para a língua portuguesa e validação do questionário genérico de avaliação de qualidade de vida SF-36 (Brasil SF-36). **Rev. bras. reumatol.**, v. 39, n. 3, p. 143-50, 1999.

COELHO, P. A. B. *et al.* Diagnosis and management of herpes zoster by the family and community physician. **Rev. Bras. Med. Fam. Comunidade**, v. 9, n. 32, p. 279-285, 2014.

DE CARVALHO, F. *et al.* Impact of low-intensity laser on the suppression of infections caused by Herpes simplex viruses 1 and 2: in vitro study. **Rev. Soc. Bras.**

Med. Trop., v. 42, n. 1, 2009.

DING, X.D. *et al.* Botulinum as a toxin for treating post-herpetic neuralgia. **Iran. j. public health**, v. 46, n. 5, p. 608, 2017.

DUBINSKY, R. M. *et al.* Practice Parameter: Treatment of postherpetic neuralgia:[RETIRED]: An evidence-based report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. **Neurology**, v. 63, n. 6, p. 959-965, 2004.

DWIGHT, E. *et al.* Intravenous lidocaine in the management of chronic peripheral neuropathic pain: a randomized-controlled trial. **Can. J. Anaesth.**, v. 66, n. 7, p. 820-827, 2019.

GOMES, R.N.S. *et al.* Efeitos da fotobioestimulação no tratamento da neuralgia pós-herpética: relato de caso. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, 105-110. 2018.

HWANG, S. *et al.* Neuropathic pain: A patient-centred approach to measuring outcomes. **Health expect.**, v. 21, n. 4, p. 774-786, 2018.

MIZUKAMI, A. *et al.* Impact of herpes zoster and post-herpetic neuralgia on health-related quality of life in Japanese adults aged 60 years or older: results from a prospective, observational cohort study. **Clin. drug investg.**, v. 38, n. 1, p. 29-37, 2018.

MUKHTAR, R. *et al.* Role of low-level laser therapy in post-herpetic neuralgia: a pilot study. **Lasers med. sci.**, p. 1-6, 2020.

NEVES, M.F. *et al.* Long-term analyses of spastic muscle behavior in chronic poststroke patients after near-infrared low-level laser therapy (808 nm): a double-blinded placebo-controlled clinical trial. **Lasers med. Sci.**, v. 35, p. 1459–1467, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02920-3>.

OLIVEIRA, C. A.; CASTRO, A. P. C. R.; MIYAHIRA, S. A. Post-herpetic neuralgia. **Rev. Dor**, v. 17, p. 52-55, 2016.

PIOVESAN, E. J. *et al.* Utilização da algometria de pressão na determinação dos limiares de percepção dolorosa trigeminal em voluntários sadios: um novo protocolo de estudos. **Arq. neuropsiquiatr.**, v. 59, n. 1, p. 92-96, 2001.

PORTELLA, A. V. T.; SOUZA, L. C. B.; GOMES, J. M. A. Herpes-zoster and post-herpetic neuralgia. **Rev Dor**, v. 14, n. 3, p. 210-5, 2013.

LE, P.; ROTHBERG, M. Herpes zoster infection. **Bmj**, v. 364, 2019. doi: 10.1136/bmj.k5095.

SANTOS, J.A.F. *et al.* Effects of Low-Power Light Therapy on the Tissue Repair Process of Chronic Wounds in Diabetic Feet. **Photomed. laser surg.**, v. 36, n. 6, p.

298-304, 2018.

VASCONCELOS FILHO, P.O.V. *et al.* Tratamento alternativo para neuralgia pós-herpética após transplante pulmonar. Relato de caso. **Rev. Dor**, v. 13, n. 1, p. 85-88, 2012.

WARE, J. E.; SHERBOURNE, C. D. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36): I. Conceptual framework and item selection. **Med. Care**, v. 30, n. 6, p. 473-483, 1992.

YAWN, B. P.; GILDEN, D. The global epidemiology of herpes zoster. **Neurology**, v. 81, n. 10, p. 928-930, 2013.

YOUNGER, J.; MCCUE, R.; MACKEY, S. Pain outcomes: a brief review of instruments and techniques. **Curr. pain headache rep.**, v. 13, n. 1, p. 39-43, 2009.

GENE SERPINA1: POTENCIAL MARCADOR DIAGNÓSTICO EM CARCINOMAS PAPILÍFEROS DA TIREOIDE

SERPINA1 GENE: POTENTIAL DIAGNOSTIC MARKER IN THYROID PAPILLARY CARCINOMAS

Joyce Nascimento Santos¹
João Paulo da Silva Queiroz²
Lázaro Pinto Medeiros Neto³
André Bandiera de Oliveira Santos⁴
Renata de Azevedo Canevari⁵

Resumo: As neoplasias tireoidianas são o principal tipo de malignidade endócrina, sendo atualmente consideradas um problema de saúde pública com aumento constante em sua incidência nos últimos anos. A descoberta de marcadores moleculares que possam ser aplicados na rotina clínica em conjunto com a biópsia por aspiração com agulha fina (PAAF) pode propiciar um diagnóstico mais preciso e conseqüentemente um tratamento mais eficiente para o paciente. O objetivo desse estudo foi avaliar se o gene *SERPINA1* pode ser considerado um marcador diagnóstico em carcinomas de tireoide. Foi realizada a análise de expressão gênica pela RT-qPCR, em 32 amostras de tecido tireoidiano, sendo 13 bóciolos, 11 carcinomas papilíferos, quatro carcinomas foliculares e quatro tecidos não tumorais de tireoide. A expressão aumentada do gene *SERPINA1* foi observada nas amostras de carcinoma papilífero em comparação com amostras de bócio ($P=0.0319$) e com as amostras de carcinoma folicular ($P=0.0430$). Não foi observada expressão diferencial significativa entre amostras de carcinoma folicular com as amostras de bócio ($P= 0.5329$). Os resultados da análise de expressão gênica sugerem que o gene *SERPINA1* pode ser considerado um marcador diagnóstico em carcinomas papilíferos de tireoide.

Palavras-chave: Carcinoma da tireoide. Diagnóstico. Marcador molecular. Expressão gênica. SERPINA1.

Abstract: Thyroid neoplasms are the main type of endocrine malignancy and are currently considered a public health problem with a steady increase in their incidence in recent years. The discovery of molecular markers that can be applied in the clinical routine in conjunction with biopsy by fine needle aspiration (FNAP) can provide a more accurate diagnosis and, consequently, a more efficient treatment for the patient. The aim of this study was to evaluate whether the SERPINA1 gene can be considered a diagnostic marker in thyroid carcinomas. Gene expression analysis by RT-qPCR was performed on 32 samples of thyroid tissue, with 13 goiters, 11 papillary carcinomas, four follicular carcinomas, and four non-tumor thyroid tissues. Increased expression of the SERPINA1 gene was observed in papillary carcinoma samples compared with goiter samples ($P = 0.0319$) and with follicular carcinoma samples ($P = 0.0430$). No

¹ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: santosjoyce@gmail.com.

² Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: joao.queiroz.ismart@gmail.com.

³ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: lpmn_777@yahoo.com.br.

⁴ Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, E-mail: andre_bandiera@yahoo.com.br.

⁵ Professora Coordenadora do Laboratório de Biologia Molecular do Câncer - IP&D, Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP, E-mail: rcanevari@univap.br.

significant differential expression was observed between follicular carcinoma samples with goiter samples ($P = 0.5329$). The results of the gene expression analysis suggest that the SERPINA1 gene can be considered a diagnostic marker in papillary thyroid carcinomas.

Keywords: Thyroid carcinoma. Diagnosis. Molecular markers. Gene expression. SERPINA1.

Data de submissão: 11.01.2021

Data de aprovação: 17.05.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2578>,

<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2578>).

1 INTRODUÇÃO

A neuralgia, sintoma mais comum em pacientes acometidos por Herpes zoster (HZ), O câncer de tireoide é a mais prevalente neoplasia endócrina, acometendo principalmente mulheres na faixa etária de 20 a 60 anos. No Brasil, essa malignidade é atualmente a oitava mais incidente (GOMES *et al.*, 2011; INCA, 2018, PANEBIANCO *et al.*, 2019), sendo o quinto mais frequente em mulheres (INCA, 2020).

O carcinoma papilífero de tireoide (CPT) é o tipo mais prevalente em comparação às outras lesões (PARK; YOON, 2019), abrangendo de 80 a 90% de todas as malignidades que acometem a glândula da tireoide (INCA, 2018). A clínica do CPT é lenta e assintomática, apresentando evolução gradual e um bom prognóstico com alta taxa de sobrevida (COELI *et al.*, 2005; LIN; HSUEH; HUANG, 2011). Contudo, o CPT pode apresentar invasão capsular, o que pode favorecer a progressão do tumor e metástase em linfonodos regionais (COELI *et al.*, 2005; LIN; HSUEH; HUANG, 2011; KATOH *et al.*, 2015; PAN *et al.*, 2017; KURE; WADA; NAITO, 2019). Embora o câncer de tireoide tenha um bom prognóstico quando comparado a outras patologias, ainda existem diagnósticos inconclusivos obtidos pelas análises clinicopatológicas aplicadas na rotina.

Dentro os métodos utilizados para a detecção e diagnóstico tumoral das neoplasias da tireoide, destaca-se a ultrassonografia (US) que detecta nódulos até mesmo em estágios subclínicos. Esta técnica é acessível e não invasiva, permitindo a distinção e monitoramento dos nódulos, além de contribuir na detecção das lesões com alto potencial de malignidade. Entretanto, a US não é efetiva na diferenciação dos diferentes tipos de carcinomas (BLANSFIELD; SACK; KUKORA, 2002; RODRIGUES; PONTES; ADAN, 2012; MAROTTA *et al.*, 2016). Atualmente, juntamente com a US é utilizada na rotina clínica a punção por agulha fina (PAAF), sendo considerada a técnica padrão ouro no diagnóstico dessas lesões. Essa metodologia se baseia na coleta, por meio de uma agulha fina, de células e fluidos a serem analisados citopatologicamente (UGURLUOGLU *et al.*, 2015).

No entanto, resultados indeterminados e inconclusivos pela PAAF ocorrem ainda em frequência considerável, podendo atingir cerca de 20% dos casos investigados (EGSET *et al.*, 2017), podendo inclusive direcionar para tratamento cirúrgico com tireoidectomia total. Deste modo, métodos diagnósticos mais assertivos são necessários para tornar o diagnóstico destes tumores mais precisos e assim contribuir para o prognóstico e terapia mais efetivos para o paciente.

A identificação de marcadores moleculares diagnósticos pela análise de expressão gênica tem possibilitado a discriminação de nódulos benignos e tecidos tumorais (SADOWSKI; TRIPONEZ, 2019), podendo complementar a análise citológica e histopatológica (FALLAHI *et al.*, 2014). Esta abordagem tem o potencial de auxiliar no diagnóstico precoce, contribuir para o entendimento da progressão tumoral e levar a um tratamento mais direcionado para o paciente (WEBER *et al.*, 2005; PISHKARI *et al.*, 2018). A análise do perfil molecular dos tumores de tireoide como método diagnóstico tem sido implementada na rotina clínica. Em CPT, por exemplo, os marcadores moleculares diagnósticos mais utilizados em rotina são a detecção de mutações nos genes BRAF e RAS, de alterações na expressão das proteínas Erk e p53 e a presença de rearranjos RET/PTC (XING, 2013; OIKONOMOU *et al.*, 2015; VUONG *et al.*, 2017).

Alguns estudos na literatura evidenciaram, por meio da análise de expressão gênica, o potencial diagnóstico do gene *SERPINA1* em CPT (JARZĄB *et al.*, 2005; ESZLINGER *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2019). *SERPINA1*, também conhecido como alpha-1 antiproteinase, codifica a proteína alfa-1-antitripsina, inibidora de protease serina (VIERLINGER *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2019), que estão envolvidas em várias vias, dentre elas, a cascata da coagulação, angiogênese, apoptose e inflamação (LAW *et al.*, 2006). Embora esta proteína tenha sido relacionada a diversas patologias (ABDULLAH *et al.*, 2016; VAJARIA, PATEL, 2017), o mecanismo molecular de sua atuação ainda não está claro.

Considerado a função do gene *SERPINA1* em diversas vias relacionadas a carcinogênese e os estudos prévios que sugerem a sua ação no desenvolvimento dos carcinomas de tireoide, o objetivo deste estudo consistiu em avaliar se o gene *SERPINA1* possui potencial para ser utilizado como um marcador molecular no diagnóstico das lesões de tireoide.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba (nº 221.402/2013), que segue a resolução CNS/MS 196/96. Trinta e duas amostras de tecido tireoidiano, sendo 13 amostras de bócio, 11 amostras de CPT, quatro amostras de CFT (carcinoma folicular de tireoide) e quatro amostras de tecido não tumoral de tireoide, constituindo o grupo normalizador da RTq-PCR, foram obtidas por tireoidectomia total com cada amostra correspondendo a um paciente cirurgiado, na Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP), juntamente com o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo, Brasil.

Os tecidos utilizados foram analisados histopatologicamente, seguindo os critérios de diagnóstico da Sociedade Brasileira de Patologia para câncer de tireoide e foram utilizadas apenas as amostras com a presença de no mínimo 80% de células tumorais no fragmento de tecido tireoidiano obtido.

2.1 EXTRAÇÃO DE RNA E SÍNTESE DE cDNA

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba (nº 221.402/2013), que segue a resolução CNS/MS 196/96. Trinta e duas amostras de tecido tireoidiano, sendo 13 amostras de bócio, 11 amostras de CPT, quatro amostras de CFT (carcinoma folicular de tireoide) e quatro amostras de tecido não tumoral de tireoide, constituindo o grupo normalizador da RTq-PCR, foram

obtidas por tireoidectomia total com cada amostra correspondendo a um paciente cirurgiado, na Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP), juntamente com o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo, Brasil.

Os tecidos utilizados foram analisados histopatologicamente, seguindo os critérios de diagnóstico da Sociedade Brasileira de Patologia para câncer de tireoide e foram utilizadas apenas as amostras com a presença de no mínimo 80% de células tumorais no fragmento de tecido tireoidiano obtido.

2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA EM TEMPO REAL

A detecção de análise de expressão gênica pela análise quantitativa em tempo real (RT-qPCR) foi realizada no equipamento *ABI PRISM 7500 Sequence Detection System (Life Technologies, USA)* usando o reagente *Platinum SYBR Green Rt-qPCR Super Mix UDG (Applied Biosystems, Life Technologies, Carlsbad, CA)*. Os iniciadores para a amplificação do gene alvo *SERPINA1* e do gene endógeno *PPIA (peptidil prolil isomerase A)* determinados usando o *software Primer Express (versão 3.0, PE Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)* foram: 5'-AAGGAGCTTGACAGAGACACAGTTT-3' (*forward*) e 5'-GGTCTCTCCCATTTGCCTTTAA-3' (*reverse*) para o *SERPINA1* e 5'-GCACTGGAGAGAAAGGATTTGG-3' (*forward*) e 5'-TCACCACCCTGACACATAAACCC-3' (*reverse*) para o gene *PPIA*. Para evitar a amplificação de uma possível contaminação com DNA genômico, os iniciadores foram desenhados na junção entre dois *exons* ou em *exons* diferentes.

Para ambos os genes *SERPINA1* e *PPIA* foram realizadas as curvas padrões e obtidos os valores de *slope*, que possibilitam o cálculo de eficiência de amplificação dos iniciadores e a definição de diluição a ser utilizada (100, 20, 4, 0.8, e 0.16 ng/μl). Ambos os conjuntos de iniciadores mostraram eficiência de amplificação superior a 90%. (*Sequence Detection System software, versão 2.1, PE Applied Biosystems*). A curva de dissociação também foi realizada para ambos os genes e mostraram especificidade dos iniciadores utilizados e ausência de formação de *primers dimers*. Os *thresholds* foram definidos em todas as análises de RT-qPCR.

A análise de expressão relativa do gene alvo *SERPINA1* foi realizada pelo método Delta-Delta Ct ($\Delta\Delta Ct$), onde o valor médio de Cts (*cyclethreshold*) obtido para o gene alvo foi comparado com a média do Cts do gene endógeno e, posteriormente, normalizado pela média das amostras normais. Os valores de QR (quantificação relativa) que consiste no valor obtido da expressão do gene normalizado no grupo experimental dividido pela expressão do gene normalizado no grupo controle, foi calculado para cada gene analisado pela fórmula $2^{(-\Delta\Delta Ct)}$. Os valores de QR menores ou iguais a 0.5 ($QR \leq 0.5$) indicam diminuição de expressão do gene alvo e os valores de QR superiores a 2.0 ($QR > 2.0$) indicam aumento de expressão do gene alvo.

A análise estatística dos dados da RT-qPCR foi realizada utilizando o programa *GraphPad Prism In Stat (versão 6.00, San Diego, CA, EUA)*, incluindo o teste não paramétrico de *Mann-Whitney* para a determinação significativa entre os grupos analisados. Os resultados foram considerados significativamente estatísticos com valores de $p \leq 0.05$.

3 RESULTADOS

Os valores de expressão do gene *SERPINA1* nas 32 amostras de lesões de

tireoide comparadas com o grupo de amostras não tumorais (grupo normalizador) estão descritos na Tabela 1. No grupo de amostras de CPT, duas amostras apresentaram diminuição de expressão (QR = 0,00 e 0,09) e nove amostras apresentaram aumento de expressão (QR= 3,83 a 4004,76) em relação às amostras não tumorais. Nas amostras de CFT, quatro amostras apresentaram diminuição de expressão (QR= 0,03 a 0,35) e nenhuma amostra apresentou aumento de expressão em comparação às amostras de tecido não tumoral (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de expressão relativa do gene *SERPINA1* nas amostras de lesões de tireoide comparadas com o grupo de amostras não tumorais (grupo normalizador).

AMOSTRA	DIAGNÓSTICO	VALORES DE QR
1	Bócio	1073,05
2	Bócio	87,88
3	Bócio	2,49
4	Bócio	0,63
5	Bócio	0,09
6	Bócio	0,02
7	Bócio	0,09
8	Bócio	0,14
9	Bócio	0,13
10	Bócio	0,25
11	Bócio	0,17
12	Bócio	0,02
13	Bócio	0,45
14	CPT	29,29
15	CPT	830,31
16	CPT	3,83
17	CPT	500,59
18	CPT	561,25
19	CPT	17,42
20	CPT	4004,76
21	CPT	2473,78
22	CPT	4,83
23	CPT	0,00
24	CPT	0,09
25	CFT	0,06
26	CFT	0,03
27	CFT	0,27
28	CFT	0,35

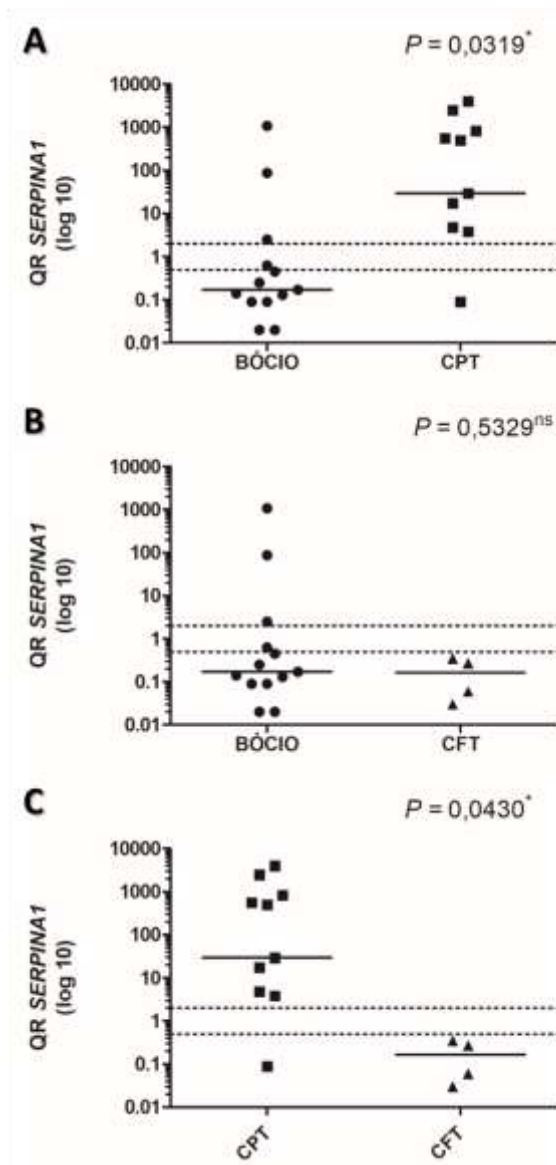
Legenda: QR: quantificação relativa. $QR \leq 0,5$: diminuição de expressão gênica em relação ao tecido não tumoral. $QR > 2,0$: aumento de expressão gênica em relação ao tecido não tumoral. CPT: carcinoma papilífero de tireoide. CFT: carcinoma folicular de tireoide.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Três comparações foram realizadas utilizando os valores de QR obtidos pela análise de expressão gênica: CPT *versus* bócio (Análise 1), CFT *versus* bócio (Análise 2) e CPT *versus* CFT (Análise 3). Na análise 1 foi observada diferença estatisticamente significativa, com aumento de expressão nas amostras de CPT em relação às amostras de bócio ($P= 0.0319$) (Teste de *Mann-Whitney*). Na análise 2 não foi observada significância estatística para o gene *SERPINA1* ($P=0.5329$). Na análise 3 foi observado diferença estatisticamente significativa, com aumento de expressão

nas amostras de CPT em relação às amostras de CFT ($P= 0.0430$) (Figura 1).

Figura 1 - Comparação entre as medianas dos níveis de expressão do gene *SERPINA1*. (A) Análise 1: CPT versus bócio, (B) Análise 2: CFT versus bócio e (C): Análise 3: CFT versus CPT.



Legenda: QR: quantificação relativa do gene. CPT: carcinoma papilífero de tireoide. CFT: carcinoma folicular de tireoide.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2020).

4 DISCUSSÃO

No presente estudo, os níveis de expressão do gene *SERPINA1* em amostras de CPT foram significativos e concordantes com os resultados encontrados nas análises de expressão deste gene realizados por estudos prévios da literatura. Estes estudos o descobriram como um importante marcador diagnóstico em CPT e o relacionaram com os processos de adesão celular, matriz extracelular, angiogênese e metástase (HUANG *et al.*, 2001; JARZĄB *et al.*, 2005; ESZLINGER *et al.*, 2007; VIÉRLINGER *et al.*, 2011, ZHANG *et al.*, 2019). Além disso, este gene também foi descrito como marcador diagnóstico em outros tumores, tais como: carcinoma

mamário (LAURSEN; LYKKESFELDT, 1992), hepatocelular (ORDÓÑEZ; MANNING JR, 1984), gástrico (NISHINO *et al.*, 1988) e câncer de pulmão (HIGASHIYAMA *et al.*, 1995).

Estudos prévios já indicam o potencial diagnóstico do gene *SERPINA1* em amostras de CPT. Huang *et al.* (2001) observaram, pela técnica *microarray*, aumento de expressão deste gene em oito amostras de CPT na população da América do Norte, sendo o resultado validado pela análise de RT-qPCR e por imuno-histoquímica em amostras adicionais, sugerindo assim o potencial diagnóstico deste gene em CPT. Jarzab *et al.* (2005), por meio da análise de *microarray* e validação pela RT-qPCR, mostraram que o gene *SERPINA1* é um potente marcador para CPT na população polonesa. Qu *et al.* (2016) detectaram, pela análise de *microarray*, 167 genes diferencialmente expressos em amostras de CPT, sendo o gene *SERPINA1* apresentando expressão aumentada em comparação com os tecidos normais da glândula da tireoide. Teng *et al.* (2018), com o objetivo de facilitar o prognóstico e estratégias terapêuticas, identificaram por meio de 242 perfis de expressão de CPT, uma assinatura transcriptômica associada à agressividade do CPT, onde o gene *SERPINA1* aparece dentre 10 potenciais biomarcadores. A expressão elevada deste gene nos tecidos de CPT também foi observada por Vierlinger *et al.* (2011), que utilizaram uma meta-análise que identificou o *SERPINA1* como capaz de discriminar com alta precisão os tecidos de CPT quando comparados com as lesões benignas ou com os tecidos não tumorais, possuindo 99% de acurácia na diferenciação desses tumores em relação às lesões benignas, como por exemplo, o bócio adenomatoso ou colóide. Zhang *et al.* (2019) pela análise do gene *SERPINA1* pela RT-qPCR em 24 tecidos de tireoide na população chinesa também correlacionaram este gene com o desenvolvimento de nódulos tireoidianos. Em nosso estudo, também podemos observar o alto potencial do gene *SERPINA1* na diferenciação das amostras de CPT de bócio (P=0.0319) e de CFT (P=0.0430).

Em alguns estudos, a avaliação proteica do produto do gene *SERPINA1* também tem sido realizada e o aumento da expressão desta proteína em CPT tem sido observada (POBLETE *et al.* 1996; LAI *et al.* 1998), assim como o aumento da expressão gênica já evidenciado. Poblete *et al.* (1996), utilizando a técnica de imuno-histoquímica e *Western Blot*, concluíram que a proteína e o gene *SERPINA1* são potenciais marcadores no diagnóstico em CPT. Lai *et al.* (1998) relataram em CPT, a elevada expressão da proteína alfa-1-antitripsina, codificada pelo gene *SERPINA1*, e a ausência da expressão desta proteína nos tecidos tireoidianos não tumorais, sugerindo esta proteína como um marcador molecular para essa variação histológica.

5 CONCLUSÃO

Os resultados da análise de expressão gênica demonstraram que o gene *SERPINA1* apresentou alto poder de diferenciação entre CPT e bócio, e entre os tumores malignos CPT e CFT, sugerindo o potencial deste gene como marcador diagnóstico de CPT na população brasileira. A identificação desse gene como marcador diagnóstico dessas lesões pode auxiliar no diagnóstico precoce, na triagem de lesões não manifestadas clinicamente, além de colaborar com a seleção da melhor conduta cirúrgica e possivelmente no tratamento adjuvante de lesões confirmadas como malignas na população brasileira. Estudos adicionais com um maior número de amostras são necessários para validar esses resultados e a pesquisa de outros marcadores moleculares são importantes para discriminar efetivamente o diagnóstico dessas lesões.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, M *et al.* Tissue and serum samples of patients with papillary thyroid cancer with and without benign background demonstrate different altered expression of proteins. **Peer J.**, v. 4, p. e2450, 2016.
- BLANSFIELD, J. A.; SACK, M. J.; KUKORA, J. S. Recent experience with preoperative fine-needle aspiration biopsy of thyroid nodules in a community hospital. **Arch. surg.**, v. 137, n. 7, p. 818–821, 2002.
- COELI, C. M. *et al.* Incidência e mortalidade por câncer de tireóide no Brasil. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 49, n. 4, p. 503–509, 2005.
- EGSET, A. V. *et al.* Risk of malignancy in fine-needle aspiration biopsy in patients with thyroid nodules. **Dan. Med. J.**, v. 64, n. 2, 2017.
- ESZLINGER, M. *et al.* Perspectives and limitations of microarray-based gene expression profiling of thyroid tumors. **Endocr. rev.**, v. 28, n. 3, p. 322–338, 2007.
- FALLAHI, P. *et al.* Molecular Diagnostics of Fine Needle Aspiration for the Presurgical Screening of Thyroid Nodules. **Current Genomics**, v. 15, n. 3, p. 171–177, 2014.
- GOMES, E. M. S. *et al.* Frequency of thyroid carcinoma and thyroid autoimmunity in first-degree relatives of patients with papillary thyroid carcinoma – A single center experience. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, v. 55, n. 5, p. 326-330, 2011.
- HIGASHIYAMA, M. *et al.* Alpha-1-antichymotrypsin expression in lung adenocarcinoma and its possible association with tumor progression. **Cancer**, v. 76, n. 8, p. 1368-1376, 1995.
- HUANG, Y. *et al.* Gene expression in papillary thyroid carcinoma reveals highly consistent profiles. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, v. 98, n. 26, p. 15044–15049, 2001.
- INCA. **Estimativa 2018**. Incidência de câncer no Brasil. [s.l: s.n.], 2018
- INCA. **Estimativa 2020**. Incidência de Câncer no Brasil. [s.l: s.n.], 2020.
- JARZĄB, B. *et al.* Gene expression profile of papillary thyroid cancer: Sources of variability and diagnostic implications. **Cancer res.**, v. 65, n. 4, p. 1587–1597, 2005.
- KATOH, H. *et al.* Classification and general considerations of thyroid Cancer. **Ann. Clin. Pathol.**, v. 3, n. 1, p.1-9, 2015.
- KURE, S.; WADA, R.; NAITO, Z. Relationship between genetic alterations and clinicopathological characteristics of papillary thyroid carcinoma. **Med. Mol. Morphol.**, v. 52, n. 4, p. 181-186, 2019.
- LAI, M. L. *et al.* Alpha-1-antichymotrypsin immunoreactivity in papillary carcinoma of the thyroid gland. **Histopathology**, v. 33, n. 4, p. 332–336, 1998.

LAURSEN, I.; LYKKESFELDT, A. E. Purification and characterization of an α 1-antichymotrypsin-like 66 kDa protein from the human breast cancer cell line, MCF-7. **Biochim. biophys. acta**, v. 1121, n. 1–2, p. 119–129, 1992.

LAW, R. H. P. *et al.* An overview of the serpin superfamily. **Genome biol.**, v. 7, n. 5, p. 1-11, 2006.

LIN, J.-D.; HSUEH, C.; HUANG, B.-Y.. Papillary thyroid carcinoma with different histological patterns. **Chang gung med. J.**, v. 34, n. 1, p. 23–34, 2011.

MAROTTA, V. *et al.* Application of molecular biology of differentiated thyroid cancer for clinical prognostication. **Endocr. Relat. cancer.**, v. 23, n. 11, p. R499–R515, 2016.

NISHINO, N. *et al.* The urokinase type of plasminogen activator in cancer of digestive tracts. **Thromb. res.**, v. 50, n. 4, p. 527-535, 1988.

OIKONOMOU, E. *et al.* BRAF vs RAS oncogenes: Are mutations of the same pathway equal? Differential signalling and therapeutic implications. **Oncotarget**, v. 5, n. 23, 2015.

ORDÓÑEZ, N. G.; MANNING JR, J.T. Comparison of α -1-Antitrypsin and α -1-Antichymotrypsin in Hepatocellular Carcinoma: An Immunoperoxidase Study. **Am. J. gastroenterol.**, v. 79, n. 12, 1984.

PAN, D. H. *et al.* The diagnostic and prognostic values of Ki-67/MIB-1 expression in thyroid cancer: a meta-analysis with 6,051 cases. **Onco Targets Ther.**, v. 10, p. 3261-3276, 2017.

PANEBIANCO, F. *et al.* Spectrum of TERT promoter mutations and mechanisms of activation in thyroid cancer. **Cancer Med.**, v. 8, n. 13, p. 5831–5839, 2019.

PARK, J. H.; YOON, J. H. Lobectomy in patients with differentiated thyroid cancer: Indications and follow-up. **Endocr. Relat. cancer**, v. 26, n. 7, p. R381–R393, 2019.

PISHKARI, S. *et al.* The role of microRNAs in different types of thyroid carcinoma: a comprehensive analysis to find new miRNA supplementary therapies. **J. Endocrinol. Invest.**, v. 41, n. 3, p. 269–283, 2018.

POBLETE, M.T. *et al.* Alpha 1-antitrypsin expression in human thyroid papillary carcinoma. **Am. J. Surg. Pathol.**, v. 20, n. 3, p. 956-963, 1996.

QU, T. *et al.* Identification of potential biomarkers and drugs for papillary thyroid cancer based on gene expression profile analysis. **Mol. Med. Rep.**, v. 14, n. 6, p. 5041–5048, 2016.

RODRIGUES, H. G. C.; PONTES, A. A. N.; ADAN, L. F. F. Use of molecular markers in samples obtained from preoperative aspiration of thyroid. **Endocr. J.**, v. 59, n. 5, p. 417-424, 2012.

SADOWSKI, S. M.; TRIPONEZ, F. Diagnosis and management of indeterminate thyroid nodules. **Gland Surg.**, v. 8, n. Suppl 2, p. S60–S61, 2019.

TENG, H. *et al.* Transcriptomic signature associated with carcinogenesis and aggressiveness of papillary thyroid carcinoma. **Theranostics**, v. 8, n. 16, p. 4345–4358, 2018.

UGURLUOGLU, C. *et al.* Fine needle aspiration biopsy of thyroid nodules: cytologic and histopathologic correlation of 1096 patients. **Int. J. Clin. Exp. Pathol.**, v. 8, n. 11, p. 14800, 2015.

VAJARIA, B.N.; PATEL, P.S. Glycosylation: a hallmark of cancer? **Glycoconj. J.**, v. 34, n. 2, p. 147–156, 2017.

VIERLINGER, K. *et al.* Identification of SERPINA1 as single marker for papillary thyroid carcinoma through microarray meta analysis and quantification of its discriminatory power in independent validation. **BMC Med. Genomics**, v. 4, n. 1, p. 30, 2011.

VUONG, H. G. *et al.* Prognostic implication of BRAF and TERT promoter mutation combination in papillary thyroid carcinoma—A meta-analysis. **Clin. endocrinol.**, v. 7, n. 5, p. 411-417, 2017.

WEBER, F. *et al.* Genetic classification of benign and malignant thyroid follicular neoplasia based on a three-gene combination. **J. clin. endocrinol. metab.**, v. 90, n. 5, p. 2512–2521, 2005.

XING, M. Molecular pathogenesis and mechanisms of thyroid cancer. **Nat. rev.**, v. 13, p. 184–199, 2013.

ZHANG, K. *et al.* Identification and validation of potential target genes in papillary thyroid cancer. **Eur. j. pharmacol.**, v. 843, n. November 2018, p. 217-225, 2019.

REABILITAÇÃO SENSORIO-MOTORA ASSOCIADA À FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA EM PACIENTES COM LESÃO DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

SENSORY MOTOR REHABILITATION ASSOCIATED WITH TRANSCRANIAL PHOTOBIMODULATION IN PATIENTS WITH INJURE IN THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Carolina Lobo Guimarães¹
Ana Paula Pinto²
Humberto Gimenes Macedo³
Virgínia Klausner⁴
Fernanda Púpio Silva Lima⁵
Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins⁶
Mário Oliveira Lima⁷

Resumo: As doenças neurológicas geralmente estão associadas a importantes déficits funcionais, dificultando a execução de atividades de vida diária e autocuidado. Pesquisas recentes demonstram efeitos positivos da Fotobiomodulação Transcraniana (FBM-T) para estimulação do tecido cerebral. O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da FBM-T associada ao treinamento aeróbico na função do sistema musculoesquelético de indivíduos com lesões neurológicas crônicas. Participaram deste ensaio clínico duplo-cego 16 voluntários com diferentes lesões do SNC, de ambos os sexos, idade média de 51,9±13,9 anos e marcha preservada. Os voluntários foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (Treino FBM-T ativo + treino aeróbico e FBM-T placebo + treino aeróbico). O programa de reabilitação foi realizado em esteira ergométrica, na frequência de 2 vezes semanais e com duração total de 12 semanas. A FBM-T (3 lasers no $\lambda = 660\text{nm}$ e 3 Lasers no $\lambda = 808\text{nm}$, 100mW, 6J/laser, 60seg/ponto, 36J por ponto, energia total 108J/cm²) foi aplicada em 3 pontos, sendo estes Fz, F7 e F8 segundo o Sistema Internacional 10-20 de EEG. Foram avaliados RMS do músculo reto femoral parético ou de maior comprometimento no pré-tratamento, 8^a semana e 12^a semana. Nota-se um aumento da atividade elétrica do grupo Laser nas coletas de RMS isotônica e isométrica, e redução do recrutamento muscular em ortostatismo quando comparados o início e o final do treinamento. Sugere-se que a FBM-T pode ter sido um fator influente para o aumento do recrutamento muscular no grupo Laser.

¹ Mestre em Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: caroll.guimaraes@yahoo.com.br.

² Doutoranda em Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: apaula@outlook.com.br.

³ Mestrando em Física e Astronomia, Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: gimenesumberto@outlook.com.

⁴ Doutora em Geofísica, Universidade do Vale do Paraíba - Univap, E-mail: virginia@univap.br.

⁵ Doutora em Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP, E-mail: fpupio@univap.br.

⁶ Human Movement and Rehabilitation (PPGMHR), University Center of Anápolis (UniEVANGÉLICA), Anápolis, GO, Brazil / Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia - Laboratório de Biofotônica e Terapêutica Experimental em Saúde e Estética - Universidade Brasil, E-mail: ralopesmartins@gmail.com.

⁷ Doutor em Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP, E-mail: mol@univap.br.

Palavras-chave: Doenças neurológicas. Reabilitação cardiorrespiratória. Reabilitação sensório-motora. Laserterapia de baixa intensidade. Laserterapia transcraniana.

Abstract: Neurological diseases are usually associated with important functional deficits, making it difficult to perform activities of daily living and self-care. Recent research demonstrates positive effects of Transcranial Photobiomodulation (T-PBM) for the stimulation of the brain tissue. The study aimed to evaluate the effects of T-PBM associated with the aerobic training on the function of the musculoskeletal system of individuals with chronic neurological injuries. In this double-blind clinical trial, 16 volunteers participated with different CNS lesions, of both sexes, with an average age of 51.9 ± 13.9 years and preserved gait. The volunteers were randomly divided into 2 groups (aerobic training + active T-PBM and aerobic training + placebo T-PBM). The rehabilitation program was performed on a treadmill, twice a week and with a total duration of 12 weeks. T-PBM (3 lasers at $\lambda = 660\text{nm}$ and 3 lasers at $\lambda = 808\text{nm}$, 100mW, 6J / laser, 60sec/point, 36J per point, total energy 108J/cm²) was applied at 3 points, namely Fz, F7 and F8, according to the International 10-20 EEG System. The RMS of the paretic femoral rectus muscle or of a greater impairment in the pre-treatment were evaluated, at the 8th and 12th weeks. There was an increase in the electrical activity of the Laser group in the isotonic and isometric RMS collections, and a reduction in muscle recruitment in orthostatism when the beginning and end of the training are compared. It is suggested that T-PBM may have been an influential factor for the increase in muscle recruitment in the Laser group.

Keywords: Neurological diseases. Cardiorespiratory rehabilitation. Sensory motor rehabilitation. Low level laser therapy. Transcranial laser therapy.

Data de submissão: 23.03.2020

Data de aprovação: 10.05.2021

Identificação e disponibilidade:

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2492>,
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v27i56.2492>).

1 INTRODUÇÃO

Alterações no desenvolvimento e maturação do tecido nervoso, traumas de diferentes tipos e interrupções do aporte sanguíneo podem levar a importantes lesões neurológicas, como no caso da Paralisia Cerebral (PC), Lesão Medular (LM), Traumatismo Crânioencefálico (TCE) e Acidente Vascular Encefálico (AVE), respectivamente. As consequências clínicas decorrentes do dano ao tecido nervoso variam de acordo com o tipo, local e extensão da lesão, gerando na maioria das vezes incapacidades residuais funcionais, sensoriais, comportamentais e/ou cognitivas permanentes (FURLAN; FEHLINGS, 2008; PIASSAROLI *et al.*, 2012; BILLINGER *et al.*, 2012; O'LEARY; NICHOL, 2018; EDWARDS, 2019).

A principal característica após lesão do neurônio superior é chamada de espasticidade, sendo descrita por um aumento do tônus basal devido à alteração na modulação dos sinais das vias corticoespinhais e da diminuição ou perda das influências inibitórias (BIERING-SORENSEN; NIELSEN; KINGLER, 2006; BORELLA;

SACCHELI., 2009; AZE *et al.*, 2016). Em longo prazo a espasticidade estimula a remodelação do tecido muscular - do fenótipo de fibras e suas proporções, principalmente em grandes musculaturas, reduz significativamente o número de unidades contráteis, dificulta a seletividade muscular, reduz a capacidade oxidativa e aumenta o gasto energético para realização de movimentos dinâmicos, impactando o desempenho de atividades de vida diária e auto-cuidado (TEIXEIRA-SALMELA *et al.*, 2000; SEVERINSEN *et al.*, 2016; SYNNOT *et al.*, 2017; ENGLISH *et al.*, 2010).

Exercícios aeróbicos realizados em esteira permitem um estímulo mais intenso ao sistema cardiovascular, na tentativa de impulsionar o processo de reabilitação e estimular o condicionamento físico de pacientes com lesões neurológicas (LEE *et al.*, 2008; COMBS-MILLER *et al.*, 2014). Além disso, sua prática regular parece estar ligada a melhora da função cortical, mediada pelo aumento do fluxo sanguíneo e liberação de mediadores químicos e neurotróficos, importantes para processos de angiogênese, neurogênese e neuroplasticidade (ANTUNES *et al.*, 2006; HUANG *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2014; FALCK *et al.*, 2019).

A aplicabilidade da Terapia Laser de Baixa Intensidade (TLBI) ou Fotobiomodulação (FBM), como é conhecida atualmente, tem se mostrado efetiva dentro do processo terapêutico para objetivos que variam desde cicatrização de feridas, alívio de dor crônica e processos inflamatórios, diminuição da fadiga, diminuição de marcadores bioquímicos pós exercícios à melhora do desempenho muscular de indivíduos saudáveis e neurológicos (LEAL JUNIOR *et al.*, 2010; DE MARCHI *et al.*, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2011; CHAIEB *et al.*, 2015; REIS *et al.*, 2015; NAMPO *et al.*, 2016; MONICH; BAVRINA; MALINOVSKAYA, 2018; NEVES *et al.*, 2020).

Estudos apontam que a FBM pode ser considerada uma importante ferramenta para estimulação do tecido nervoso e um potencial facilitador para recuperação em diferentes condições neurológicas (LAMPL *et al.*, 2007; ZIVIN *et al.*, 2009; SCHIFFER *et al.*, 2009; NAESER *et al.*, 2011). Estes benefícios podem ser atribuídos a melhora de oxigenação de áreas cerebrais lesionadas, favorecendo a ação mitocondrial, a modulação da excitabilidade cortical e de fatores inflamatórios, a produção energética e liberação de fatores neurotróficos, importantes para a neuroplasticidade (NEASER *et al.*, 2011; CASSANO *et al.*, 2015). Para tal efeito indica-se a aplicação diretamente sobre a cabeça, em locais onde não há presença de cabelos (HENNESSY; HAMBLIN, 2017).

Sendo assim, a combinação entre os efeitos benéficos do exercício aeróbico e da FBM-T poderia potencializar a ativação cortical, para secundariamente, aumentar o desempenho muscular de indivíduos neurologicamente acometidos. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da terapia combinada (FBM-T e exercício em esteira) sobre o sistema músculoesquelético de indivíduos com sequelas crônicas de Lesão do Sistema Nervoso Central (SNC).

2 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo experimental transversal, randomizado, controlado por placebo. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) sob o protocolo CAAE: 94858718.3.0000.5503, e conta com registro no *Clinical Trials* N° NCT03751306. Todos os voluntários recrutados faziam parte da lista de espera da clínica de fisioterapia da UNIVAP e do cadastro de pacientes que não se encontravam em atendimento. O estudo foi realizado na clínica de Fisioterapia da Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade do Vale do Paraíba, em conjunto com o

Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora pertencente ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D).

Para serem considerados elegíveis os voluntários deveriam ter diagnóstico de doenças neurológicas crônicas (a partir de 6 meses) de Acidente Vascular Encefálico de origem isquêmica (AVEi), Traumatismo Crânioencefálico (TCE), Lesão Medular (LM), Paralisia Cerebral (PC), pós-operatório de tumor cerebral ou Esclerose Múltipla (EM), ter entre 18 e 85 anos, cognição preservada e capacidade de responder a estímulos verbais, marcha preservada com ou sem dispositivo de auxílio, regularidade no uso de medicamentos contínuos e liberação médica para a reabilitação. Foram excluídos tabagistas ativos, portadores de patologias respiratórias crônicas e doenças cardíacas descompensadas, obesidade grau II ou III, pacientes com lesão medular acima de T6 e que apresentassem disreflexia autonômica ou com escalas ASIA A e B, pacientes com Esclerose Múltipla em período de surto, uso de fármacos betabloqueadores e AVE hemorrágico.

2.1 AMOSTRA

Inicialmente 20 indivíduos se encaixavam nos critérios de inclusão para participação do estudo, porém 4 voluntários foram afastados por problemas de saúde. Os voluntários considerados aptos foram distribuídos aleatoriamente nos grupos Laser ou Placebo por critério de sorteio realizado por um segundo pesquisador. Para garantir o design duplo-cego do estudo, este mesmo pesquisador foi responsável pela aplicação da FBM-T. Além disso, o tratamento placebo foi projetado para ser estruturalmente equivalente, fornecendo condições semelhantes ao dos voluntários pertencentes ao grupo Laser. Cada grupo foi composto por 8 participantes, sendo estes: Grupo Laser: reabilitação sensório-motora associada à aplicação ativa da FBM-T; Grupo Placebo: reabilitação sensório-motora associada à aplicação placebo da FBM-T.

2.2 AVALIAÇÃO CLÍNICA

Foi avaliada a atividade elétrica do músculo Reto Femoral parético ou de maior comprometimento em 3 momentos: (A0) Pré-tratamento; (A1): Aproximadamente na 8ª semana de reabilitação; (A2): Aproximadamente na 12ª semana, correspondente ao final da reabilitação.

Para captação do sinal eletromiográfico (EMG) utilizou-se o aparelho da marca EMG System do Brasil Ltda, modelo EMG832 C - USB, de oito canais, composto por um conversor A/D (conversor analógico-digital) de 12 bits de resolução, acoplados a um computador. A calibração ocorreu de acordo com especificações do fabricante, com frequência de amostragem de ordem de 2000 Hz. Para fixação dos eletrodos levou-se em consideração a recomendação de *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM) e prova de função muscular do lado parético.

Após a delimitação da área, realizou-se tricotomia seguida de higienização com álcool 70%. Eletrodos adesivos descartáveis foram posicionados no sentido das fibras musculares, na região mais proeminente do ventre muscular. Para identificação do sinal de referência, utilizou-se um eletrodo em forma de pinça sobre o processo estilóide da ulna, longe do eletrodo ativo.

Todos os voluntários foram instruídos a ficarem em pé, com os pés levemente afastados, mãos apoiadas em um espaldar e olhar fixo no horizonte. As coletas

aconteceram a partir de três situações distintas: (A) manutenção do ortostatismo durante 15 segundos; (B) durante o movimento de agachamento a 45° segundo comando do terapeuta, pelo máximo de repetições completas em 20 segundos; (C) isometria do movimento de agachamento em 15 segundos. Os dados respectivos ao sinal da EMG de superfície foram arquivados em forma de TXT e transportados posteriormente para um software de extração do valor de Root Mean Square (RMS).

O processamento dos valores de RMS foi realizado pelo software ELEDA®, acrônimo de *Electromyography and Dynamometer Data Analysis*, desenvolvido por pesquisadores do laboratório de Física e Astronomia, pertencentes ao IP&D da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Todos os dados da amplitude do sinal foram normalizados pelo software entre 1 e -1. A fim de padronizar a extração de RMS, cortes de tamanhos similares foram feitos nos espectros da coleta em ortostatismo e isométrica. Já na coleta isotônica, foram selecionadas 3 contrações completas e semelhantes entre si para obtenção de um valor médio. Todas as janelas de contração foram selecionadas visivelmente.

2.3 FOTOBIMODULAÇÃO TRANSCRANIANA

Um *cluster* de laser (*Modelo Med Light Laser VIV, DMC, Brasil*), composto de 6 lasers foi utilizado na tentativa de estimular o aumento do fluxo sanguíneo das artérias cerebral anterior e média. A delimitação das áreas de aplicação foi baseada no Sistema Internacional 10-20 de EEG, sobre os pontos Fz, F7 e F8 respectivamente. Durante a aplicação da FBM-T, somente o pesquisador responsável pela aplicação ficava no ambiente. Como medida de segurança, o mesmo utilizava óculos de proteção adequados ao comprimento de onda escolhido.

Todos os pacientes utilizavam óculos com bloqueio total da visão para que não soubessem da randomização dos grupos. Uma distância mínima foi mantida entre o equipamento e a pele dos voluntários para que evitar possíveis sensações dérmicas de formigamento, agulhamento ou aquecimento que permitissem a descoberta de sua distribuição entre os grupos de tratamento.

Tabela 1 - Característica do equipamento Cluster e parâmetros de irradiação.

N lasers CLUSTER	6
Comprimento de onda	(3) 660 nm – vermelho (3) 808 nm – infravermelho
Frequência	Contínua
Potência	100mW
Energia por laser	6J
Tempo de aplicação	60s
Número de áreas irradiadas	3
Energia por ponto de aplicação	36J/cm ²
Energia total	108J/cm ²
Modo de aplicação	Pontual, mais próximo ao tecido, porém sem contato, com ângulo de 90°

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

Figura 1 - Posicionamento do voluntário para aplicação da FBM-T e delimitação da área de irradiação do laser.



Legenda: Posicionamento do cluster de laser no grupo ativo (à direita) e no grupo placebo (à esquerda)

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

3 PROTOCOLO DE TRATAMENTO

Cada participante realizou 24 sessões de treinamento em esteira. A reabilitação teve duração de 12 semanas, na frequência de 2 vezes por semana, em dias alternados e com duração de aproximadamente 1 hora.

O protocolo completo consistiu em 10 minutos de repouso ao chegarem ao local dentro do qual recebiam a aplicação ativa ou simulação da FBM-T, 5 minutos de aquecimento em velocidade baixa, 15 minutos de resistência em intensidade moderada (50-70% da frequência cardíaca de treinamento determinada pela equação de Karvonen após teste ergométrico precedente), 5 minutos de desaquecimento com redução gradual da velocidade e 5 minutos de descanso final.

Entre todas as fases eram coletados os sinais vitais como: pressão arterial sistêmica (PAS), frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SatO₂) e o valor da escala de percepção de esforço (BORG), que deveria ser mantida durante o treinamento entre os valores de 12 a 14 (percepção de esforço moderado).

Os voluntários que não conseguiam realizar o protocolo completo tiveram o treinamento dividido em 2 ou 3 blocos menores de tempo, variando de acordo com índice BORG e com o intervalo de descanso entre as séries. Assistência física foi fornecida apenas quando necessária como forma de garantir a continuidade dos passos, além de estímulos verbais para manutenção do ritmo de marcha.

Todas as fases do final treinamento ocorreram na esteira ergométrica (Moviment RT200®), utilizando o apoio da Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® para segurança em caso de desequilíbrio ou queda.

Figura 2 - Estação de Reabilitação e Atividade Física BrainMov® utilizada durante o protocolo de reabilitação aeróbica (à esquerda) e posicionamento do voluntário durante a sessão (à direita).



Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

A etapa de fortalecimento muscular compreendia dois exercícios voltados para ativação das musculaturas envolvidas na marcha: (A) flexão de quadril e joelho em cadeia cinética aberta, tanto do lado parético como do lado sadio; (B) agachamento. Foram realizadas 3 séries com 10 repetições cada. Conforme evolução, cargas externas (caneleiras) eram adicionadas para resistência ao movimento de cadeia cinética aberta.

Figura 3 - Demonstrativo do exercício de fortalecimento realizado após o protocolo de reabilitação cardiorrespiratório.



Legenda: A= Demonstrativo do exercício em cadeia cinética aberta; B= Demonstrativo do exercício de agachamento.

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados referentes à eletromiografia de superfície coletados durante as avaliações foram organizados e tabulados em forma de planilha no Microsoft Office Excel® 2013, apresentando análise descritiva inicial por meio de tendência central e desvio padrão. Toda a análise estatística foi realizada com a ajuda do programa Past® versão 4.0. O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados. Para as amostras consideradas normais, utilizou-se o teste estatístico *t-student*, e para as amostras consideradas não normais utilizou-se o teste Wilcoxon. Para verificar a existência de diferenças estatísticas entre as médias de dados (grupo [laser x placebo] x tipo de coleta x tempo de avaliação [pré-tratamento x 8 semanas x 12 semanas]) utilizou-se ANOVA, com pós teste Tukey. O valor de alfa foi ajustado para um nível de significância de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

Dezesseis indivíduos participaram do estudo (10 indivíduos do gênero masculino e 6 do feminino), com média de idade $51,9 \pm 13,9$ anos. Posteriormente, foram aleatoriamente divididos em 2 grupos: Laser e placebo. A tabela 2 traz um demonstrativo da composição e características de cada grupo.

Tabela 2 - Caracterização dos grupos Laser e Placebo.

CARACTERÍSTICAS	GRUPO LASER	GRUPO PLACEBO
<i>N°</i>	8	8
<i>Idade</i>	46,6±13,8	57,3±11,7
<i>Peso</i>	73,3±22,2	75,5±12,4
<i>Altura</i>	161,4±10	169,9±8,5
<i>Gênero</i>	62,5%F 37,5%M	12,5% F 87,5% M
<i>Tipos de lesões</i>	AVE (5); TCE (1); PC (2)	AVE (5); TCE (1); PC (1); LM (1)
<i>Tempo médio de acometimento</i>	12,3±11,5	14,3±14,3

Legenda: Média±Desvio padrão; F=Feminino; M=Masculino; AVE (Acidente Vascular Encefálico); TCE (Traumatismo Crânioencefálico); PC (Paralisia Cerebral); LM (Lesão Medular).

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

O estudo foi projetado para ser clinicamente similar. Por isso, caso não fosse possível ao participante realizar o treino completo em esteira, o mesmo poderia ser dividido em blocos menores variando de acordo com o tempo de descanso e o índice BORG. Do grupo Laser, 4 participantes tiveram o treinamento dividido em blocos, necessitando de auxílio para manutenção dos passos, enquanto 3 indivíduos do grupo placebo precisaram do mesmo amparo.

As análises do sinal EMG respectivos ao RMS em uV do músculo reto femoral parético nas posturas ortostática, durante o agachamento isotônico e isométrico, expressos como média e desvio padrão (DP) para os grupos Laser e Placebo estão descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Valores normalizados de RMS do músculo Reto femoral parético coletados em ortostatismo (repouso), isotonia e isometria do movimento de agachamento durante as avaliação pré-tratamento, 8 semanas e 12 semanas para os Grupos Laser e Placebo.

COLETA	PRÉ-TRATAMENTO		8 SEMANAS		12 SEMANAS	
	G. Las	G. Pla	G. Las	G. Pla	G. Las	G. Pla
Ortostatismo	0,28±0,04	0,23±0,02	0,25±0,03	0,27±0,03	0,24±0,04	0,26±0,05
Isotônico	0,17±0,05	0,19±0,04	0,22±0,05	0,19±0,03	0,20±0,05	0,19±0,04
Isométrico	0,22±0,04	0,23±0,03	0,23±0,06	0,26±0,03	0,25±0,02	0,25±0,02

Legenda: G.Las (GRUPO LASER); G.Pla (GRUPO PLACEBO). Média±Desvio Padrão.

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

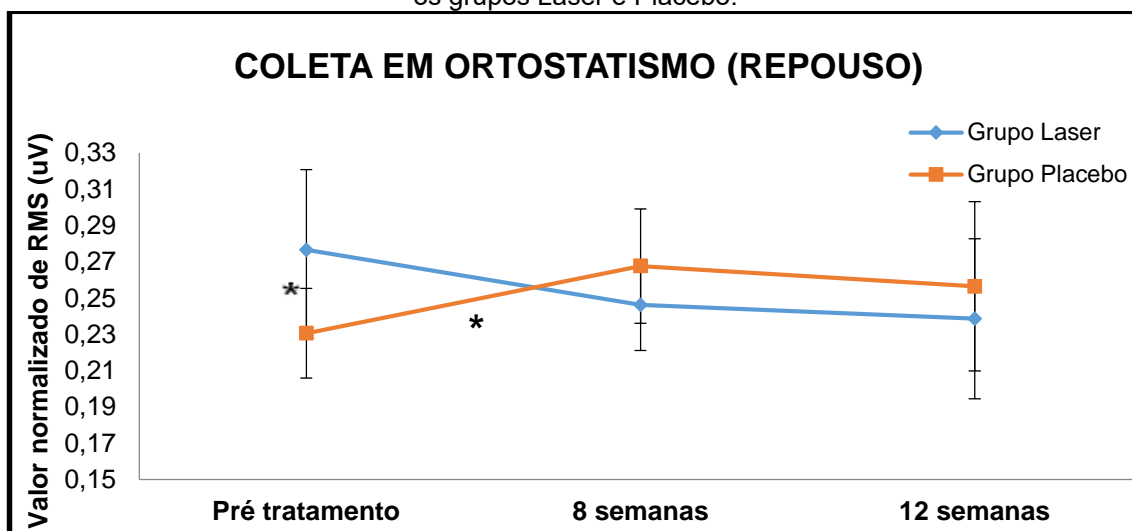
Tabela 4 – Comparação entre os valores de RMS do músculo Reto Femoral parético antes (pré-tratamento) e ao final do protocolo de reabilitação (12ª semana), demonstrados em porcentagem.

COLETA	Grupo Laser (%)	Grupo Placebo (%)
Ortostatismo	-14,3	13
Isotônico	17,6	0
Isométrico	13,6	8,9

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

Diferenças significativas foram encontradas na comparação entre as coletas realizadas em ortostatismo pré-tratamento x 8 semanas para o grupo Placebo (p 0,03) e isotônica no período 8 semanas x 12 semanas (p 0,04) para o grupo Laser. Na comparação entre grupos (Laser vs Placebo), somente a avaliação pré-tratamento realizada em ortostatismo mostrou-se estatisticamente diferente (p 0,04). Não foram encontradas diferenças significativas nas demais comparações intra e entre grupos para os diferentes tipos e tempo de avaliação.

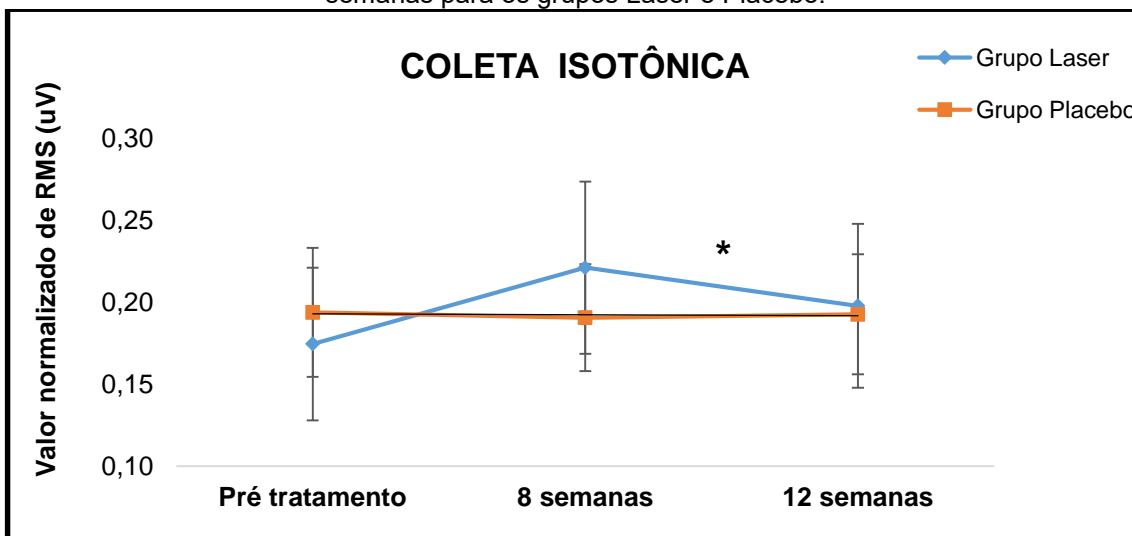
Figura 4 - Representação do sinal de RMS (μ V) do músculo reto femoral parético coletado em ortostatismo (repouso) nos períodos de avaliações pré-tratamento, 8 semanas e 12 semanas para os grupos Laser e Placebo.



Legenda: Valores representados pela média e as barras de erro representam o desvio padrão. * $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

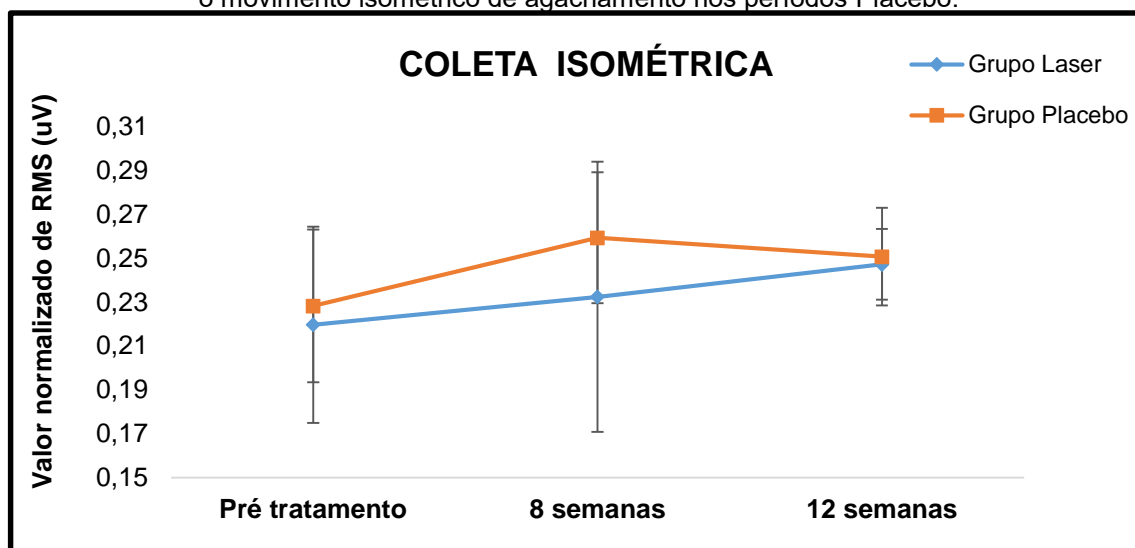
Figura 5 – Representação do sinal de RMS (μ V) do músculo reto femoral parético coletado durante o movimento isotônico de agachamentos nos períodos de avaliações pré-tratamento, 8 semanas e 12 semanas para os grupos Laser e Placebo.



Legenda: Valores representados pela média e as barras de erro representam o desvio padrão. * $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

Figura 6 - de avaliações pré-tratamento, 8 semanas e 12 semanas para os grupos Laser e Representação do sinal normalizado de RMS (uV) do músculo reto femoral parético coletados durante o movimento isométrico de agachamento nos períodos Placebo.



Legenda: Valores representados pela média e as barras de erro representam o desvio padrão. * $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2020).

5 DISCUSSÃO

Apesar da vasta literatura disponível acerca da aplicabilidade laser em diferentes doenças neurológicas (LAMPL *et al.*, 2007; ZIVIN *et al.*, 2009; SCHIFFER *et al.*, 2009; NAESER *et al.*, 2011; ROJAS; BRUCHEY; GONZALEZ-LIMA., 2012; OUESLATI *et al.*, 2015; DISNER; BEEVERS, GONZALEZ-LIMA, 2016; TIAN *et al.*, 2016; VARGAS *et al.*, 2017; HIPSKIND *et al.*, 2018; ZINCHENKO *et al.*, 2019; CHAN *et al.*, 2019), nenhum estudo correlacionando a FBM-T a um possível aumento da atividade muscular periférica foi encontrado tratando-se, portanto, de estudo pioneiro e de grande relevância.

Quanto à eletromiografia músculo reto femoral espástico ou de maior comprometimento, observou-se uma redução de 14,8% em relação à amplitude do sinal coletado durante a manutenção do ortostatismo entre as avaliações pré-tratamento e final (12 semanas) para o grupo Laser, o que poderia sugerir uma modulação temporária da hiperatividade muscular. O inverso foi percebido nas demais coletas para ambos os grupos, porém em maior proporção para o grupo Laser. Detectou-se um aumento do recrutamento de fibras de 17,6% para a contração isotônica e de 13,6% para a contração isométrica nos indivíduos do grupo Laser. Diferenças significativas foram encontradas na comparação entre as coletas ortostatismo pré-tratamento x 8 semanas para o grupo Placebo ($p 0,03$) e isotônica no período 8 semanas x 12 semanas ($p 0,04$) para o grupo Laser. Na comparação entre grupos (Laser vs Placebo), somente a avaliação pré-tratamento realizada em ortostatismo se mostrou estatisticamente diferente ($p 0,04$). Não foram encontradas diferenças estatísticas entre as médias de dados pelo teste ANOVA (grupo [laser x placebo] x tipo de coleta x tempo de avaliação [pré-tratamento x 8 semanas x 12 semanas]).

Um estudo realizado por Konstantinovic e colaboradores (2013) demonstrou que a FBM-T foi capaz de modular a excitabilidade do córtex motor em 14 indivíduos saudáveis. Para tal avaliação, mediu-se a amplitude dos potenciais evocados motores

(MEPs) do músculo interósseo da mão direita após irradiação transcraniana sobre o córtex motor primário ($\lambda 905\text{nm}$, $\text{DP}=50\text{mW}/\text{cm}^2$, energia total= $15\text{J}/\text{cm}^2$, $T=60\text{s}$). As mensurações dos MEPs foram feitas antes e após a estimulação laser (até 30 minutos) por meio da estimulação magnética transcraniana. Como resultado, notou-se queda na amplitude do MEPs comparados ao *baseline*, com diferença significativa em 10min (T_0-T_{10} $p=0,023$) e 20min (T_0-T_{20} $p=0,003$). Não houve diferença na comparação T_0-T_{30} ($p=0,18$). O estudo de Chaieb e colaboradores (2015) corroboram com os resultados supracitados. Também se avaliou a excitabilidade cortical por meio da medição do MEP do músculo interósseo após irradiação transcraniana ($\lambda 810\text{nm}$, $P=0,15\text{W}$, DP = próximo a $500\text{mW}/\text{cm}^2$, $\text{DE}=257,14\text{J}/\text{cm}^2$ $A=0,35\text{cm}^2$, $T=600\text{s}$, $E=90\text{J}$). Houve diminuição de 20-30% da amplitude dos MEPs imediatamente após a irradiação e até o trigésimo minuto ($p<0,005$) para o grupo Laser, associado a um aumento da inibição cortical de curto intervalo.

Segundo estes autores, os resultados podem ser atribuídos a estimulação de vias inibitórias, aumentando a neurotransmissão GABAérgica e/ou diminuindo ações Glutamatérgicas. Outro mecanismo citado é a possível alteração do potencial de membrana. Um aumento da atividade da bomba de sódio geraria uma estabilidade membranar e resistência a despolarização, diminuindo a propagação do impulso nervoso.

A especificidade é um princípio fundamental do treinamento físico, tendo como bases o volume, intensidade, frequência de treinamento e tipo de atividade para promover uma resposta adaptativa. Este contexto é essencial para desenvolvimento de força, massa e/ou resistência muscular (COFFEY *et al.*, 2016). Exercícios aeróbicos realizados em alta intensidade seriam capazes de promover aumentos significativos na circulação sérica de biomarcadores como o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) e fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), importantes para a neuroplasticidade central, além de estarem associados a um equilíbrio da excitabilidade corticoespinhal, o que permitiria maior ativação motora central em indivíduos neurologicamente acometidos (BOYNE *et al.*, 2019; BOYNE *et al.*, 2020).

O treinamento de marcha realizado em esteira permite maior intensidade de exercício quando comparado a reabilitação convencional, chegando a um número 10 vezes maior de passos (HESSE; WERNER; BYHAHN, 2015). Munari e colaboradores (2018), relatam que treinamento em esteira contribui para um equilíbrio na geração de torque dos músculos quadríceps e isquiotibiais paréticos vs lado não parético, promovendo uma maior eficiência biomecânica da marcha.

Nosso estudo sugere que a FBM-T promoveu um efeito modulatório temporário, alterando a excitabilidade dos neurônios do trato corticoespinhal em sincronia com o aumento da influência inibitória. A associação com o treinamento aeróbico pode ter resultado em um aumento do recrutamento de fibras pela possível ativação das vias alfa, relacionadas à contração voluntária. Contudo, novos estudos clínicos são necessários para confirmar esta hipótese.

Não foram encontradas diferenças significativas na funcionalidade dos indivíduos a partir da aplicação da FBM-T. Devemos considerar, portanto, duas possibilidades. A primeira trata-se da cronicidade das lesões e das alterações músculoesqueléticas já instaladas, necessitando talvez de um tempo maior de tratamento para que possíveis mudanças morfofuncionais fossem alcançadas. A segunda poderia estar relacionada ao cálculo de energia, o local de aplicação para estímulo do tecido biológico e a variável do distanciamento da aplicação, não permitindo o cálculo dos parâmetros de densidade de potência e densidade de

energia.

A grande variabilidade na escolha de parâmetros como tipo de luz, comprimento de onda, tempo de irradiação, potência e energia podem dificultar a modulação do laser e levar a diferentes resultados (SALGADO *et al.*, 2014). Hamblin (2016) relata a importância de considerar o objetivo e a área a ser estimulada para que a escolha dos parâmetros seja clinicamente eficaz para estimulação do tecido biológico.

Características anatômicas e variações de idade também podem influenciar na penetração e interação da luz com tecido. Um estudo realizado por Yuan e colaboradores (2020) avaliou o comportamento de diferentes comprimentos de onda entre faixas etárias que variavam entre 5 e 89 anos. Cinco comprimentos de onda foram utilizados (680nm, 810nm, 850nm, 980nm e 1064nm) para estimulação das áreas F3-F4 e Fp1-Fpz-Fp2 (córtex pré-frontal dorsolateral e córtex pré-frontal ventromedial) relevantes para o transtorno depressivo. Observou-se que a penetração da luz no tecido diminui à medida que a idade aumenta, correlacionada ao aumento da espessura dos tecidos extracerebrais (couro cabeludo e crânio) e resistência vascular. Os resultados deste estudo demonstram a importância do planejamento do tratamento e da personalização dos parâmetros de acordo com as características de cada indivíduo.

As disfunções neurológicas geralmente se relacionam a importantes déficits funcionais, com impacto econômico significativo para as políticas de saúde pública. A heterogeneidade dos sinais clínicos e de sua intensidade dificultam a criação de uma abordagem unicamente efetiva. Uma terapia não invasiva, segura e relativamente de baixo custo como a FBM, utilizada em sinergismo com o processo de neuroreabilitação poderia otimizar a recuperação motora de pacientes neurológicas crônicas.

6 CONCLUSÃO

Diante dos achados encontrados neste estudo, pode-se sugerir que a FBM-T modulou temporariamente a hiperatividade muscular em repouso e, aumentou em maior proporção o recrutamento de fibras do músculo reto femoral parético durante as coletas eletromiográficas isotônicas e isométricas do grupo Laser ao final das 12 semanas de treinamento sensório-motor, apesar de não haver diferenças significativas entre os grupos.

Os resultados deste trabalho são promissores e abrem caminhos para o desenvolvimento de novas pesquisas para investigar a influência da FBM-T no sistema sensório-motor de pacientes com sequelas neurológicas. Acreditamos que a Fotobiomodulação será a estratégia mais promissora para a neuroreabilitação nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. *et al.* Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? **Lasers Med. Sci.**, v. 27, n. 2, p. 453-458, 2011.

ANTUNES, H. K. M. *et al.* Exercício físico e função cognitiva: uma revisão. **Rev. Bras. Med. Esporte**, Niterói, v. 12, n. 2, p. 108-114, 2006.

AZE, O. *et al.* Structural and physiological muscle changes after post-stroke

hemiplegia: A systematic review. **Ann Phys. Rehabil. Med.**, v. 59, p. e79, 2016.

BIERING-SORENSEN, F.; NIELSEN, J. B.; KINGLER, K. Spasticity-assessment: a review. **Spinal Cord.**, [s.l.], v. 44, p. 708-722, 2006.

BILLINGER, S. A. *et al.* Reduced Cardiorespiratory Fitness After Stroke: Biological Consequences and Exercise-Induced Adaptations. **Stroke Res Treat.**, v. 2012, p. 1-11, 2012.

BORELLA, M. P.; SACCHELLI, T. Os efeitos da prática de atividades motoras sobre a neuroplasticidade. **Rev. Neurocienc.**, v. 17, n. 2, p. 61-9, 2009.

BOYNE, P. *et al.* Exercise intensity affects acute neurotrophic and neurophysiological responses post-stroke. **J. Appl. Physiol.**, v. 126, p. 431–443, 2019 2018.
Doi:10.1152/jappphysiol.00594.2018

BOYNE, P. *et al.* Effects of Exercise Intensity on Acute Circulating Molecular Responses Poststroke. **Neurorehabil. Neural Repair**, v. 34, n.3, p. 222–234, 2020.
Doi/10.1177/1545968319899915

CASSANO, P. *et al.* Near-Infrared Transcranial Radiation for Major Depressive Disorder: Proof of concept study. **Psychiatry J.**, v. 2015, 2015.
DOI:10.1155/2015/352979

CHAIIEB, L. *et al.* Neuroplastic effects of transcranial near-infrared stimulation (tNIRS) on the motor cortex. **Front. Behav. Neurosci.**, v. 9, 2015. DOI: 10.3389/fnbeh.2015.00147

CHAN, A. S. *et al.* Photobiomodulation Improves the Frontal Cognitive Function of Older Adults. **J. Geriatr. Psychiatry**, v. 34, n. 2, p. 369–377, 2019.

COFFEY, V. G. *et al.* Concurrent exercise training: do opposites distract? **J. Physiol.**, v. 595, n. 9, p. 2883-2896, 2016

COMBS-MILLER, S. A. *et al.* Body weight-supported treadmill training vs. overground walking training for persons with chronic stroke: a pilot randomized controlled Trial. **Clin. Rehabil.**, v. 28, n. 9, p. 873-884, 2014.

DE MARCHI, T. *et al.* Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers Med. Sci.**, v. 27, n. 2, p. 453-8, 2012.

DISNER, S. G.; BEEVERS, C. G.; GONZALEZ-LIMA, F. Transcranial Laser Stimulation as Neuroenhancement for Attention Bias Modification in Adults with Elevated Depression Symptoms. **Bain Stimul.**, v. 9, n. 5, p. 780-787, 2016.

EDWARDS, J. D. Cardiovascular disease and other childhood-onset chronic conditions in adults with cerebral palsy. **Dev. Med. Child Neurol.**, v. 61, p. 859-860, 2019.

ENGLISH, C. *et al.* Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review. **Int. J. Stroke**, v. 5, 395–402, 2010. DOI: 10.1111/j.1747-4949.2010.00467.x

FALCK, R. S. *et al.* Impact of exercise training on physical and cognitive function among older adults: a systematic review and meta-analysis. **Neurobiol. Aging.**, v. 79, p. 119-130, 2019.

FURLAN, J. C.; FEHLINGS, M. G. Cardiovascular complications after acute spinal cord injury: pathophysiology, diagnosis, and management. **Neurosurg. Focus**, v. 25, n. 5: E13, 2008.

HAMBLIN, M. R. Shining light on the head: Photobiomodulation for brain disorders. **BBA Clin.**, v. 6, p. 113-124, 2016

HENNESSY, M.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation and the brain: a new paradigm. **J. Opt.**, v. 19, n. 1, 2017.

HESSE, S.; WERNER, C.; BYHAHN, M. Transcranial low-level laser therapy may improve alertness and awareness in traumatic brain injured subjects with severe disorders of consciousness: A case series. **Int. Arch. Med.**, v. 8, n. 144, p. 1-12, 2015.

HIPSKIND, S. G. *et al.* Pulsed Transcranial Red/Near-Infrared Light Therapy Using Light-Emitting Diodes Improves Cerebral Blood Flow and Cognitive Function in Veterans with Chronic Traumatic Brain Injury: A Case Series. **Photomed. Laser Surg.**, v. 37, n. 2, p. 77-84, 2018.

HUANG, T. *et al.* The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 24, p. 1-10, 2014.

KONSTANTINOVIC, L. M. *et al.* Transcranial application of near-infrared low-level laser can modulate cortical excitability. **Lasers Surg. Med.**, n. 45, p. 648-653, 2013.

LAMPL, Y. *et al.* Infrared Laser Therapy for Ischemic Stroke: A New Treatment Strategy: Results of the NeuroThera Effectiveness and Safety Trial–1 (NEST-1). **Stroke**, v. 38, n.6, p. 1843-1849, 2007.

LEAL JUNIOR, E. C. *et al.* Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post exercise recovery. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 40, n. 8, p. 524-32, 2010.

LEE, M. J. *et al.* Comparison of Effect of Aerobic Cycle Training and Progressive Resistance Training on Walking Ability After Stroke: A Randomized Sham Exercise–Controlled Study. **J. Am. Geriatr. Soc.**, v. 56, n. 6, p. 976-985, 2008.

LI, L. *et al.* Acute Aerobic Exercise Increases Cortical Activity during Working Memory: A Functional MRI Study in Female College Students. **PLoS One**, v. 9, n. 6,

e99222, 2014.

MONICH, V. A.; BAVRINA, A. P.; MALINOVSKAYA, S. L. Modification in oxidative processes in muscle tissues exposed to laser- and light-emitting diode radiation. **Lasers Med. Sci.**, v. 33, n. 1, p. 159–164, 2018.

MUNARI, D. *et al.* High-intensity treadmill training improves gait ability, VO₂peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. **Eur. J. Phys. Rehabil. Med.**, v. 54, n. 33, 408-418, 2018.

NAESER, M. A. *et al.* Improved Cognitive Function After Transcranial, Light-Emitting Diode Treatments in Chronic Traumatic Brain Injury: Two Case Reports. **Photomed Laser Surg.**, v. 29, n. 5, p. 351–358, 2011.

NAMPO, F. K. *et al.* Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med. Sci.**, v. 31, n. 9, p. 1957-1970, 2016.

NEVES, M. F. *et al.* Long-term analyses of spastic muscle behavior in chronic poststroke patients after near-infrared low-level laser therapy (808 nm): a double-blinded placebo-controlled clinical trial. **Lasers Med. Sci.**, v. 35, p. 1459–1467, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02920-3>

O'LEARY, R. A.; NICHOL, A. D. Pathophysiology of severe traumatic brain injury. **J. Neurosurg. Sci.**, v. 62, n. 5, p. 542-548, 2018.

OUESLATI, A. *et al.* Photobiomodulation suppress alpha-synuclein-induced toxicity in an AAV-based rat genetic model of Parkinson's disease. **PLoS One**, v. 10, n. 10, p. Pe0140880, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0140880.

PIASSAROLI, C. A. P. *et al.* Modelos de Reabilitação Fisioterápica em Pacientes Adultos com sequelas de AVE isquêmico. **Rev. Neurocienc.**, v. 20, n. 1, p. 128-137, 2012.

REIS, M. C. *et al.* Immediate effects of low-intensity laser (808 nm) on fatigue and strength of spastic muscle. **Lasers Med. Sci.**, v. 30, n. 3, p. 1089-1096, 2015.

ROJAS, J. C.; BRUCHEY, A. K.; GONZALEZ-LIMA, F. Low-level light therapy improves cortical metabolic capacity and memory retention. **J. Alzheimers Dis.**, v. 32, n. 3, p. 741-752, 2012.

SALGADO, A. S. I. *et al.* The effects of transcranial LED therapy (TCLT) on cerebral blood flow in the elderly women. **Lasers Med. Sci.**, v. 30, n. 1, p. 339–346, 2014.

SCHIFFER, F. *et al.* Psychological benefits 2 and 4 weeks after a single treatment with near infrared light to the forehead: a pilot study of 10 patients with major depression and anxiety. **Behav. Brain Funct.**, v. 5, n. 46, p. 1-13, 2009.

SEVERINSEN, K. *et al.* Skeletal muscle fiber characteristics and oxidative capacity in hemiparetic stroke survivors. **Muscle Nerve**, v. 53, n. 5, p. 748-54, 2016.

SYNNOT, A. *et al.* Interventions for managing skeletal muscle spasticity following traumatic brain injury. **Cochrane Database Syst. Rev.**, v.11, n.11, p. CD008929, 2017. doi: 10.1002/14651858.CD008929.pub2..

TEIXEIRA-SALMELA, L. F. *et al.* Fortalecimento muscular e condicionamento físico em hemiplégicos. **Acta Fisiátrica**, v. 7, n. 3, p. 108-118; 2000.

TIAN, F. *et al.* Transcranial laser stimulation improves human cerebral oxygenation. **Lasers surg. med.**, v. 48, p. 343-349, 2016.

VARGAS, E. *et al.* Beneficial neurocognitive effects of transcranial laser in older adults. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 5, p. 1153–1162, 2017.

YUAN, Y. *et al.* Transcranial photobiomodulation with near-infrared light from childhood to elderliness: simulation of dosimetry. **Neurophotonics**, V.7, n.1, p.015009-015009, 2020.

ZINCHENKO, E. *et al.* Pilot study of transcranial photobiomodulation of lymphatic clearance of beta-amyloid from the mouse brain: breakthrough strategies for non-pharmacologic therapy of alzheimer's disease. **Biomed. Opt. Express**, v. 10, n. 8, p. 4003-4017, 2019.

ZIVIN, J. A. *et al.* Effectiveness and Safety of Transcranial Laser Therapy for Acute Ischemic Stroke (NEST-2). **Stroke**, v. 40, p. 1359-1364, 2009.