

The background is a dark, almost black space filled with intricate, glowing patterns. A central feature is a large, roughly spherical structure composed of many small, interconnected, teardrop-shaped or leaf-like elements, all rendered in a vibrant cyan or light blue color. This central structure is surrounded by a dense field of thin, wispy lines that swirl and flow around it, also in shades of blue and green. Scattered throughout the scene are numerous small, bright particles of various colors, including white, yellow, pink, and purple, which resemble stars or digital data points. The overall effect is one of dynamic energy and complex, interconnected systems.

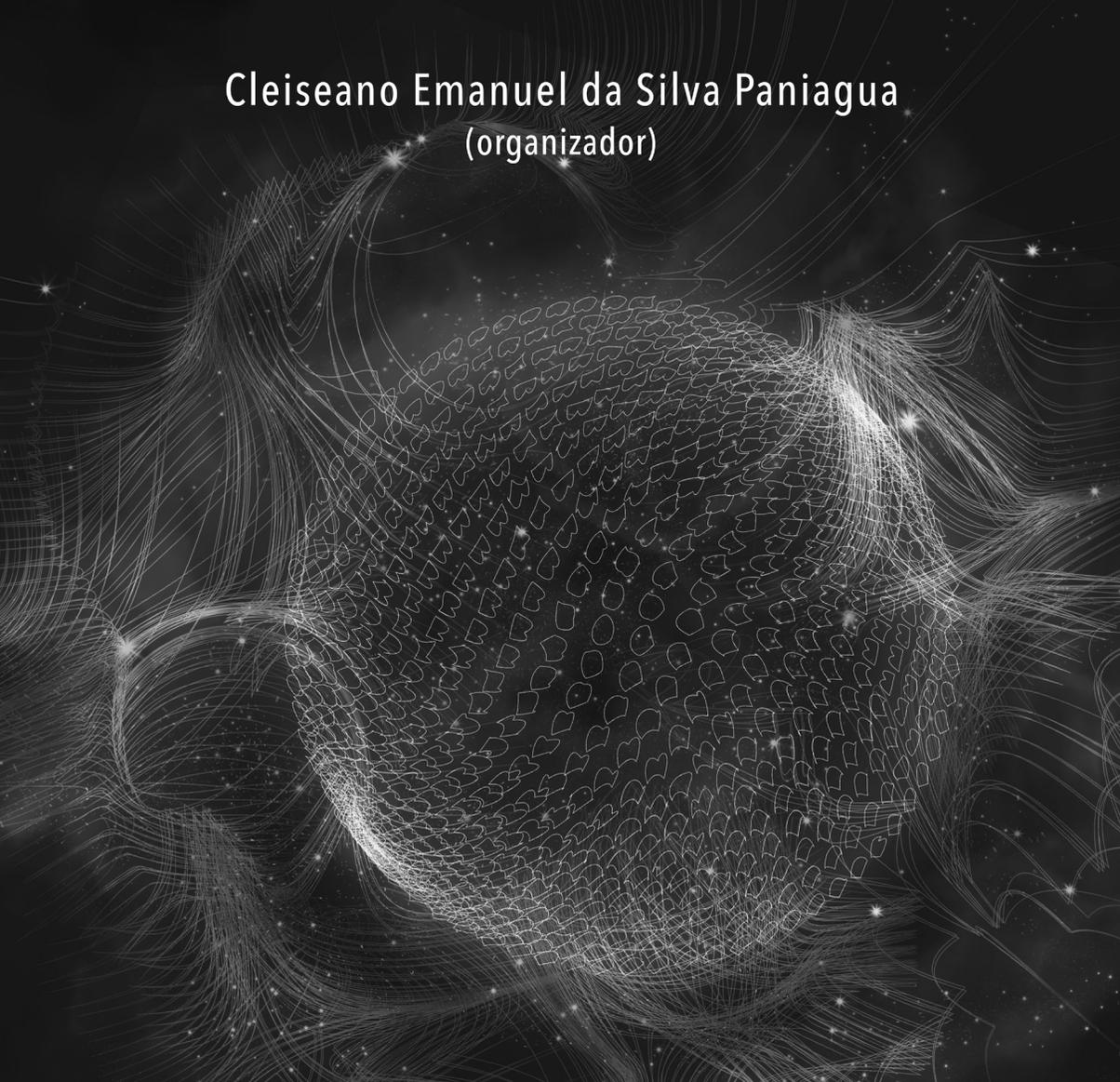
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(organizador)

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(organizador)



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof^o Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof^o Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof^o Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra e engenharias: conhecimento e informação / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0853-6 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.536220612</p> <p>1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 507</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book: “Ciências Exatas, da Terra e Engenharias: Conhecimento e informação” é constituído por doze capítulos de livros que foram organizados em quatro tópicos: *i)* fitoquímica e produtos naturais; *ii)* educação, meio ambiente e sustentabilidade e; *iii)* análise, estudo e desenvolvimento de ferramentas e materiais para diferentes aplicações.

Os capítulos I e II se constituem em trabalhos de revisão da literatura na qual se investigaram, respectivamente, a capacidade antioxidante de inúmeras espécies de plantas e; as inúmeras doenças encontradas em orquídeas causadas por diferentes espécies de fungos e quais as ferramentas disponíveis para uma identificação mais precisa destes micro-organismos.

O terceiro capítulo apresenta um estudo de caso na qual se avaliou a importância do tutor no processo de ensino-aprendizagem no curso de licenciatura em Física, na modalidade de educação à distância (EAD), da Universidade Estadual de Maringá (UEM). O capítulo IV se constitui em um estudo no qual se investigou a forma na qual as cidades da microrregião de Maringá/PR tem realizado os levantamentos de georreferenciamento, bem como os procedimentos e os profissionais que atuam no cadastramento de áreas urbanas. Já o capítulo V apresenta um estudo de análise de consumo de energia na Universidade do Estado do Amazonas (UEA) por meio de análise quantitativa que envolveu a iluminação e a climatização das dependências internas da instituição. Por fim, o sexto capítulo apresenta um estudo que avaliou a precipitação pluviométrica no período compreendido entre 01/01/1967 a 31/12/2016 na cidade de Belém/PA.

Os capítulos de VII a XII apresenta trabalhos de diferentes natureza e finalidades, entre os quais: *i)* utilização do *software* TQS (*Software* Definitivo para Engenharia de Estruturas) no cálculo estrutural de diferentes lajes convencionais; *ii)* avaliação dos principais fatores que afetam o desempenho e funcionalidade das máquinas rotativas e as possíveis soluções para melhorias; *iii)* utilização da dosimetria termoluminescente como ferramenta de controle de qualidade no tratamento e/ou diagnóstico de pacientes com câncer; *iv)* utilização da técnica de Monte Carlo na descrição da trajetória de elétrons e fótons em intervalos de energia; *v)* utilização de ferramentas para desenvolvimento e criação de ontologias a serem utilizadas de diferentes formas e; *vi)* reutilização e reciclagem de vidros de para-brisas para a produção de vitrocerâmicas com a adição de diferentes concentrações de pentóxido de nióbio (Nb_2O_5).

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

CAPÍTULO 1 1**COMPOSTOS COM CAPACIDADE ANTIOXIDANTE ENCONTRADOS EM PLANTAS MEDICINAIS E SEUS BENEFÍCIOS PARA SAÚDE: UMA REVISÃO**

Sharise Beatriz Roberto Berton

Milena do Prado Ferreira

Jomar Berton Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206121>**CAPÍTULO 2 7****DOENÇAS COM ETIOLOGIA FÚNGICA EM PLANTAS DA FAMÍLIA ORCHIDACEAE**

Taciana Ferreira dos Santos

Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa

Tiago Silva Lima

Cecília Hernandez Ramirez

Jackeline Laurentino da Silva

Maria Jussara dos Santos da Silva

Gaus Silvestre Andrade Lima

Iraídes Pereira Assunção

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206122>**CAPÍTULO 335****PAPEL DOS TUTORES NAS PERSPECTIVAS DOS ACADÊMICOS DO CURSO DE FÍSICA (MODALIDADE A DISTÂNCIA) DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ/PR**

Glécilla Colombelli de Souza Nunes

Carolina da Silva Gonçalves

Karina Midori Endo

Lilian Felipe da Silva Tupan

Luciano Gonsalves Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206123>**CAPÍTULO 449****CADASTRO TERRITORIAL URBANO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROCEDIMENTOS E EXIGÊNCIAS DOS MUNICÍPIOS QUE COMPÕE A MICORREGIÃO DE MARINGÁ, PR**

Adriano Antonio Tronco

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti

Marcelo Luis Chicati

Roney Berti de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206124>**CAPÍTULO 562****ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM PRÉDIO PÚBLICO – UM ESTUDO DE CASO**

Nayra Gomes Neves

Phellipe Tocchetto Dinardi

Vinícius Cabral de Serra
Walter Andrés Vermehren Valenzuela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206125>

CAPÍTULO 675

ANALYSIS OF PRECIPITATION IN BELÉM-PA CITY (PERIOD 1967-2016)

Ronaldo Rosales Mendoza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206126>

CAPÍTULO 788

ANÁLISE COMPARATIVA ESTRUTURAL ENTRE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS E LAJES NERVURADAS DE CONCRETO ARMADO POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E O SOFTWARE TQS

João Paulo dos Santos Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206127>

CAPÍTULO 8 105

FALHAS NO COMPORTAMENTO DE SISTEMAS ROTATIVOS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Jomar Berton Junior

Sharise Beatriz Roberto Berton

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206128>

CAPÍTULO 9112

DOSIMETRIA TERMOLUMINESCENTE

Luciana Tourinho Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5362206129>

CAPÍTULO 10.....119

CÓDIGO DE MONTE CARLO APLICADO A RADIOTERAPIA

Luciana Tourinho Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.53622061210>

CAPÍTULO 11 129

FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO E CRIAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Henderson Matsuura Sanches

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.53622061211>

CAPÍTULO 12..... 135

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE VITROCERÂMICAS OBTIDAS A PARTIR DE PÓ DE VIDRO RECICLADO DE PARA-BRISAS E ADIÇÃO DE Nb₂O₅

Hiasmim Rohem Gualberto

Mônica Calixto de Andrade

Edgard Poiate Júnior

Luiz Carlos Bertolino

Domenio de Souza Faria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.53622061212>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 146

ÍNDICE REMISSIVO..... 147

COMPOSTOS COM CAPACIDADE ANTIOXIDANTE ENCONTRADOS EM PLANTAS MEDICINAIS E SEUS BENEFÍCIOS PARA SAÚDE: UMA REVISÃO

Data de submissão: 21/09/2022

Data de aceite: 01/12/2022

Sharise Beatriz Roberto Berton

Universidade Estadual de Maringá – UEM
<http://lattes.cnpq.br/4838760783430304>

Milena do Prado Ferreira

Universidade Estadual de Londrina – UEL
<http://lattes.cnpq.br/0390586020405082>

Jomar Berton Junior

Instituto Federal do Paraná – IFPR
<http://lattes.cnpq.br/4714967818055223>

RESUMO: Compostos com capacidade antioxidante podem retardar ou até mesmo inibir processos oxidativos. Estes compostos estão presentes em diversas plantas chamadas medicinais, que são aquelas que ajudam no tratamento ou até mesmo na cura de diversas doenças. A fim de estudar especificamente quais os principais compostos estão presentes nestas, e quais os seus benefícios para a saúde humana, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre o tema em questão. Estudos indicaram que a presença de compostos antioxidantes pode ajudar a saúde humana. Portanto, estes conhecimentos sugerem ainda que uma dieta rica em alimentos contendo tais compostos antioxidante é muito importante,

pois um organismo saudável visa a inibição e/ou diminuição de danos oxidativos.

PALAVRAS-CHAVE: Flavonóides, Ácidos Fenólicos, Atividade Antioxidante.

ANTIOXIDANT CAPACITY COMPOUNDS FOUND IN MEDICINAL PLANTS AND THEIR HEALTH BENEFITS: A REVIEW

ABSTRACT: Compounds with antioxidant capacity can delay or even inhibit oxidative processes. These are compounds present in various plants called medicinal, which are those that help in the treatment or even in the cure of various diseases. In order to specifically study the main compounds in these, and what are their benefits to human health, a review was carried out on the subject in question. Studies indicate that the presence of antioxidants can help human health. Therefore, these foods are known in particular that a diet rich in antioxidants is very important, as a healthy organism aims at health and/or increased oxidative damage.

KEYWORDS: Flavonoids, Phenolic Acids, Antioxidant Activity.

1 | INTRODUÇÃO

As plantas de modo geral, são uma excelente fonte de diversas substâncias que afetam o funcionamento do organismo humano e seu bem-estar. Quando o organismo humano está em condições normais de funcionamento, um complexo sistema dos chamados antioxidantes endógenos produzido pelo próprio organismo, visam a inibição e/ou diminuição dos danos oxidativos causados pelas espécies reativas de oxigênio (ERO) e nitrogênio (ERN). Estas espécies reativas se não inibidas, são instáveis e extremamente capazes de transformar outras moléculas com as quais colidem em situação de estresse oxidativo (Kumar & Goel, 2019).

Sendo assim, os antioxidantes são compostos capazes de ligar-se quimicamente com o meio atacante ou mesmo torná-lo ineficaz. Estes atuam tanto em alimentos, como também em humanos, protegendo-os da oxidação, retardando assim, o progresso de envelhecimento, o progresso de doenças como cardiovasculares e neurodegenerativas e de muitas outras doenças (Osswald et al., 2019).

Estudos avançam com as chamadas plantas medicinais, que são aquelas que apresentam ação farmacológica, isto é, ajudam no tratamento ou até mesmo na cura de diversas doenças.

Quando estão presentes na dieta, são consideradas importantes contribuintes de compostos como os antioxidantes, e esta é considerada uma das propriedades mais desejáveis encontradas.

Por este motivo, pesquisas envolvendo plantas medicinais com potencial antioxidante, aumentaram muito no final do século 20 e continuam em verdadeiro progresso, principalmente no Brasil onde é possível encontrar uma grande variedade de plantas (Bataglion et al., 2015).

Dentre os compostos antioxidantes naturais, existem as enzimas, vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis e especialmente os compostos fenólicos. Sendo que muitos estudos mostraram que estes compostos fenólicos possuem alta atividade antioxidante (Martins, et al., 2016).

Assim, tem-se como objetivo analisar os principais artigos disponíveis na literatura sobre os compostos antioxidantes presentes em plantas medicinais e seus principais benefícios para a saúde humana, a fim de aprofundar o assunto e difundir o conhecimento sobre o tema.

2 | METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE BUSCA

A presente pesquisa foi realizada no período de 30 de julho de 2022 a 19 de setembro de 2022 pelos autores do artigo de forma independente, usando banco de dados eletrônicos como PubMed, Portal da Capes, Google Scholar, Web of Sciences e Science Direct. Todos os artigos publicados e os que ainda estão no prelo, foram considerados,

porém os mais recentes foram privilegiados. Principalmente as palavras-chave citadas no presente estudo e palavras contidas no título, foram utilizadas para a busca de artigos (Ferreira et al. 2019).

3 | LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

As plantas medicinais sempre foram utilizadas desde a antiguidade para o tratamento de diversas doenças em todo o mundo. Estas plantas contêm várias moléculas químicas que podem ser aplicadas na farmacologia. Muitos bioativos já foram identificados e são referidos como fitoquímicos, dentre eles, os mais importantes incluem os alcalóides, taninos e compostos fenólicos (Selvakumar & Rajasekar, 2017).

Os compostos fenólicos, são considerados o grupo principal com potencial antioxidante, no entanto, podem ser divididos em classes e subclasses de acordo com o número de anéis aromáticos presentes e devido também aos elementos que estão ligados a estes anéis (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). São divididos basicamente entre os ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinâmicos, que são considerados ácidos fenólicos e os flavonóides.

Os flavonoides por sua vez, consistem no maior grupo de compostos fenólicos presente na família dos vegetais (Zhang & Tsao, 2016).

3.1 Plantas medicinais com potencial atividade antioxidante

Estudos indicam que extratos da *Punica granatum* L., conhecida também como romã, exibe atividade de eliminação de radicais livres, reduzindo assim o estresse oxidativo. Também exibe atividade anti-inflamatória, e esta pode estar atribuída a presença de componentes fenólicos como antocianinas e ácido elágico, junto com a presença de ácidos graxos (Gandhi et al., 2022; Malek Mahdavi et al., 2021).

Outras fontes de compostos fenólicos que é possível citar são a pele e a semente de uvas (*Vitis vinifera* L.), folhas e fruto de morango (*Fragaria vesca* L) e amora (*Morus nigra* L.) (Bhanja et al., 2016).

Os ácidos ferúlico e *p*-cumarico (ambos compostos fenólicos) também estão presente em diversas plantas como no café (*Coffea arabica* L.), e pesquisas indicam que estes ácidos exibem funções antimutagênico e anti-inflamatório além de proteger contra danos cardíacos (Sabitha et al., 2019; Berton et al., 2020).

Ainda sobre o ácido ferúlico, o mesmo pode ser encontrado principalmente em grãos integrais e apresentam ainda propriedades de combater doenças como neurodegenerativas, depressão acompanhada de demência, dentre outras (Jo, et al., 2019; Meng et al., 2011; Mori et al., 2017).

A quercetina, importante flavonóide encontrado na cebola roxa (*Allium cepa*), pode ser um complemento no tratamento de câncer de mama (Ezzati et al., 2020).

Outros flavonóide, a epicatequina, é encontrada na cereja (*Prunus avium* L.); ameixa

(*Prunus domestica* L.) e maçã (*Malus domestica* L.), estudos indicam que este composto pode ajudar a baixar a pressão arterial, porém, é importante destacar que o conteúdo de flavonóides é afetado por fatores ambientais e de pós-colheita (Bernatova, 2018).

A curcumina, é um dos principais fitoquímicos presentes na cúrcuma longa, também conhecida como açafrão-da-terra (*C. longa* (Rhizome)), apresenta propriedades tanto antioxidantes como anti-inflamatórias. Também há relatos de que o tratamento com curcumina reduz o diâmetro e o inchaço das articulações (Kang et al., 2020).

O gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*), é muito conhecido e utilizado na medicina devido as suas propriedades antioxidantes e reforço imunológico (Acharya & Rout, 2021). Foi relatado que o gengibre exibe também, potência contra artrite (Grzanna, Lindmark & Frondoza, 2005).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, foi possível observar que diversas plantas medicinais foram e são muito utilizadas desde a antiguidade para o tratamento de diversas doenças.

De acordo com essa revisão da literatura, estudos indicam várias plantas medicinais (citadas ao longo do texto) possuem forte atividade antioxidante e pode ser usada no auxílio ou em conjunto com tratamentos tradicionais de diversos tipos de doenças que os seres humanos possam adquirir.

Além disso, estes conhecimentos sugerem fortemente que uma dieta rica em alimentos contendo tais compostos antioxidante é muito importante, pois um organismo saudável visa a inibição e/ou diminuição dos danos oxidativos causados pelas espécies reativas de oxigênio e nitrogênio.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, R., ROUT, O.P. **Zingiber officinale: The golden spice, as portrayed in ayurveda**, Science of Spices and Culinary Herbs - Latest Laboratory, Pre-clinical, and Clinical Studies v. 37, p. 78-114, 2021.

BATAGLION, G. A., DA SILVA, F. M. A., EBERLIN, M. N., & KOOLEN, H. H. F. **Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC-MS/MS**. Food Chemistry, v. 180, p. 280–287, 2015.

BERNATOVA, I. **Biological activities of (–)-epicatechin and (–)-epicatechin-containing foods: Focus on cardiovascular and neuropsychological health**. Biotechnology Advances, v. 31 36, pp. 666–681, 2018.

BERTON, S. B. R.; CABRAL, M. R. P.; DE JESUS, G. A. M.; SARRAGIOTTO, M. H.; PILAU, E. J.; MARTINS, A. F.; BONAFÉ, E. G.; MATSUSHITA, M. **Ultra-high-performance liquid chromatography supports a new reaction mechanism between free radicals and ferulic acid with antimicrobial and antioxidant activities**. Industrial Crops and Products, v. 154, p. 1-10 , 2020.

- BHANJA DEY, T., CHAKRABORTY, S., JAIN, K. K., SHARMA, A., KUHAD, R. C. **Antioxidant phenolics and their microbial production by submerged and solid state fermentation process: A review.** Trends in Food Science and Technology, v. 53, p. 60–74, 2016.
- EZZATI, M., YOUSEFI, B., VELAEI, K., SAFA, A. **A review on anti-cancer properties of Quercetin in breast cancer.** Life Sciences, v. 248, n. 30, 2020.
- FERREIRA, M. P., SUZUKI, R. M., BONAFÉ, E. G., MATSUSHITA, M., BERTON, S. B. R. **Ferramentas Tecnológicas Disponíveis Gratuitamente para Uso no Ensino de Química: Uma Revisão.** Revista Virtual de Química, v. 11, nº 3, pg. 1011-1023, 2019.
- GANDHI, Y., KUMAR, R., GREWAL, J., RAWAT, H., MISHRA, S. K.; KUMAR, V.; SHAKYA, S. K.; JAIN, V.; BABU, G., SHARMA, P., SINGH, A., SINGH, R., ACHARYA, R. **Advances in anti-inflammatory medicinal plants and phytochemicals in the management of arthritis: A comprehensive review.** Food Chemistry Advances, v. 1, P. 1-15, 2022.
- GRZANNA, R., LINDMARK, L., FRONDOZA, C. G. **Ginger - An herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions.** Journal of Medicinal Food, v. 8, n. 2, pp. 125-132.
- JO, E.-R., YOUN, C. K., JUN, Y., CHO, S. IL. **The protective role of ferulic acid against 15 cisplatin-induced ototoxicity.** International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, v. 120, p. 30– 16, 2016.
- KANG, C., JUNG, E., HYEON, H., SEON, S., LEE, D. **Acid-activatable polymeric curcumin nanoparticles as therapeutic agents for osteoarthritis Nanomedicine: Nanotechnology,** Biology, and Medicine, v. 23, 2020.
- KUMAR, N., & GOEL, N. **Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications.** Biotechnology Reports, v. 24, 2019.
- MALEK, M. N., SEYEDSADJADI, N., JAVADIVALA, N. Potential effects of pomegranate (*Punica granatum*) on rheumatoid arthritis: A systematic review A. **International Journal of Clinical Practice**, v. 75, n. 8, 2021.
- MARTINS, N.; BARROS, L.; I.C.F.R. FERREIRA, I. C. F. R. **In vivo antioxidant activity of phenolic compounds: Facts and gaps.** Trends Food Sci. Technol., v. 48, p. 1-12, 2016.
- MENG, L., TANG, J., WANG, Y., ZHAO, J., SHANG, M., ZHANG, M., ... LI, X. **Astragaloside IV synergizes with ferulic acid to inhibit renal tubulointerstitial fibrosis in rats with obstructive nephropathy.** British Journal of Pharmacology, v. 162, n. 8, p. 1805–1818, 2011.
- MORI, T., KOYAMA, N., TAN, J., SEGAWA, T., MAEDA, M., & TOWN, T. **Combination therapy with octyl gallate and ferulic acid improves cognition and neurodegeneration in a transgenic mouse model of Alzheimer's disease.** The Journal of Biological Chemistry, v. 292, n. 27, p. 11310– 11325, 2017.
- OSSWALD, K., REINCKE, K., SCHOSSIG, M., SÖKMEN, S., & LANGER, B. **Influence of different types of antioxidants on the aging behavior of carbon-black filled NR and SBR vulcanizates.** Polymer Testing, v. 79, 2019.

SABITHA, R., NISHI, K., GUNASEKARAN, V., ANNAMALAI, G., AGILAN, B., & GANESHAN, M. **Coumaric acid ameliorates ethanol-induced kidney injury by inhibiting inflammatory cytokine production and NF- κ B signaling in rats.** Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v. 9, n. 5, 2019.

SELVAKUMAR, T. A.; RAJASEKAR, P. **Aerva lanata mediated phytofabrication of silver nanoparticles and evaluation of their antibacterial activity Against wound associated bacteria.** J. Taiwan Inst. Chem. Eng. v. 78, p. 539-551, 2017.

SHAHIDI, F., & AMBIGAIPALAN, P. **Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review.** Journal of Functional Foods, v. 18, n. 25, p. 820–897, 2015.

ZHANG, H., & TSAO, R. **Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects.** Current Opinion in Food Science, v. 8, p. 33–42, 2016.

DOENÇAS COM ETIOLOGIA FÚNGICA EM PLANTAS DA FAMÍLIA ORCHIDACEAE

Data de submissão: 09/10/2022

Data de aceite: 01/12/2022

Taciana Ferreira dos Santos

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-6040-8353>

Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-0121-699X>

Tiago Silva Lima

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-0882-2677>

Cecília Hernandez Ramirez

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-8639-0470>

Jackeline Laurentino da Silva

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-9870-3673>

Maria Jussara dos Santos da Silva

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0001-9418-854X>

Gaus Silvestre Andrade Lima

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-2910-5896>

Iraíldes Pereira Assunção

Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias/ Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0001-5087-0168>

RESUMO: As orquídeas são plantas monocotiledôneas, herbáceas e perenes. Por possuírem qualidade miríade, são cultivadas para a comercialização de flores em vasos ou mesmo cortadas, além disso, também são utilizadas na medicina tradicional e algumas espécies de baunilha tem sido destinada a fins alimentícios. O crescimento da popularidade das orquídeas, tem contribuído para o aumento na incidência de doenças na cultura. Diante disso, é fornecida uma breve revisão sobre as doenças provocadas em orquídeas por espécies pertencentes aos gêneros *Colletotrichum*, *Fusarium* e aqueles fungos que fazem parte dos pestalotiídes, com foco nos dados atuais acerca da diagnose, levando em consideração as principais doenças que ocorrem na cultura. A

importância dos fitopatógenos nas orquídeas é discutida e as principais doenças com base no volume de publicações em função da frequência na ocorrência do problema é apresentada. A evolução do método de diagnose dos patógenos na cultura é descrita desde o uso da morfologia até a aplicação de tecnologias multilocus, análise filogenética das espécies e a seleção de genes/ loci em potencial para a identificação é abordada. O futuro do controle dessas doenças dependerá da utilização de ferramentas robustas para a correta identificação desses fitopatógenos. Dessa forma, objetivo desta revisão é fornecer um ponto de partida para explorar mais os métodos de detecção

PALAVRAS-CHAVE: *Colletotrichum*, *Fusarium*, Pestalotiídes, Orquídea.

ABSTRACT: Orchids are monocotyledonous, herbaceous and perennial plants. Due to their myriad quality, they are cultivated for the commercialization of flowers in vases or even cut, in addition, they are also used in traditional medicine and some species of vanilla have been destined for food purposes. The growing popularity of orchids has contributed to the increase in the incidence of diseases in the culture. In view of this, a brief review is provided on the diseases caused in orchids by species belonging to the genera *Colletotrichum*, *Fusarium* and those fungi that are part of the pestalothiods, focusing on current data on diagnosis, taking into account the main diseases that occur in the crop. The importance of phytopathogens in orchids is discussed and the main diseases based on the volume of publications as a function of the frequency of occurrence of the problem are presented. The evolution of the method of diagnosing pathogens in culture is described from the use of morphology to the application of multilocus technologies, phylogenetic analysis of the species and the selection of potential genes/loci for identification is addressed. The future of controlling these diseases will depend on the use of robust tools for the correct identification of these phytopathogens. Thus, the aim of this review is to provide a starting point to further explore detection methods.

KEYWORDS: *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Pestalotioid*, Orchid.

1 | INTRODUÇÃO

As orquídeas pertencem a família Orchidaceae, uma das maiores famílias botânicas do mundo (WORD FLORA ONLINE, 2022). São empregadas como plantas ornamentais e nas indústrias de cosméticos, farmacêutica e gastronômica (CHEN et al., 2011; TUAN, 2017; KANLAYAVATTANAKUL et al., 2018; TEOH, 2019; GANTAIT et al., 2021). Essas plantas são populares em todo o mundo devido ao seu fácil cultivo, boa adaptabilidade em ambientes fechados, mas principalmente pela diversidade e beleza de suas flores (MEERA et al., 2016; TONG et al., 2020).

O crescimento na popularidade das orquídeas, tem contribuído para o aumento na incidência de doenças na cultura. O deslocamento de orquídeas de locais onde as doenças são prevalentes para aqueles onde não há a sua ocorrência é uma consequência indesejada do mercado econômico global (SRIVASTAVA et al., 2018). Apesar de muitos países adotarem medidas rígidas para inspecionar material vegetal importado e evitar a entrada de novos patógenos, registros de contaminação podem ocorrer. Plantas produzidas

em Taiwan e no sudeste da Ásia, que tiveram sua entrada permitida nos Estados Unidos, foram contaminadas por *Fusarium* (KAWATE; SEWAKE, 2014).

Naturalmente as orquídeas não são propensas a doenças, uma vez que possuem a capacidade de associações simbióticas com fungos micorrízicos para a captação de moléculas orgânicas (SCHIEBOLD et al., 2018; SCHWEIGER et al., 2019) que garantem a germinação das suas sementes (HERRERA et al., 2017; JIANG et al., 2019; SHAO et al., 2020). Contudo, uma série de doenças já foram descritas e algumas delas podem ser a principal restrição da produção de orquídeas (SWEET; UCHIDA, 2015), sendo que a maioria é ocasionada através da infecção por bactérias (MOON et al., 2016), vírus (SUDHA et al., 2016), fungos e Oomicetos (MAKETON et al., 2015).

Fungos podem causar lesões nas flores, caule, pseudobulbo, raízes e folhas em vários estágios de desenvolvimento (SWEET; UCHIDA, 2015; SILVA-CABRAL et al., 2019; QIN et al., 2020; CAO et al., 2022). Na literatura, existem muitos relatos desses agentes patogênicos afetando diferentes espécies de orquídeas (SWEET; UCHIDA, 2015; QIN et al., 2020; CAO et al., 2022). No Brasil foi diagnosticado a presença de *Colletotrichum* spp. infectando folhas e flores de orquídeas (SILVA-CABRAL et al., 2019; SILVA et al., 2021). Verificou-se também a ocorrência de *Fusarium* spp. provocando a degradação das raízes, queima foliar, podridão do pseudobulbo e podridão da bainha em orquídeas de plantios comerciais no Havaí, um dos principais estados produtores de orquídeas nos Estados Unidos (SWEET; UCHIDA, 2015). Nos últimos anos, espécies de *Pestalotiopsis* e *Neopestalotiopsis* têm sido reportadas na China como agentes causais de doenças em diversos gêneros de orquídeas (WANG et al., 2017; QIN et al., 2020; CAO et al., 2022).

Para manter a qualidade comercial das orquídeas é necessário que se faça a correta identificação desses agentes etiológicos. Por muito tempo a diagnose e a taxonomia de fitopatógenos de orquídeas foi baseada apenas nas características morfológicas (SILVA et al., 2008; FIRMINO; LIMPARINI, 2014; SANTOS et al., 2018). Entretanto, percebeu-se que estas podem levar a controvérsias quanto a identificação de espécies, por não serem suficientemente precisas para separar indivíduos a nível subespecíficos (SUMMEREL, 2019) e, em função disso, técnicas moleculares têm sido amplamente utilizadas por possuírem acurácia elevada (MARIN-FELIX et al., 2017; SUWANNARACH et al., 2018; SILVA-CABRAL et al., 2019; SILVA et al., 2021). Identificar o agente etiológico, conhecer a importância da doença e a intensidade dos danos causados garante o sucesso, durabilidade e a implantação em larga escala de medidas de controle (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

Assim, esta revisão fornece um breve panorama da importância e sintomatologia das principais doenças, bem como as que emergem como ameaças ocasionadas por espécies de *Colletotrichum*, *Fusarium* e aquelas pertencentes ao grupo dos pestalotiídeos na cultura da orquídea. Além disso, descrevemos características morfológicas gerais e as técnicas de identificação empregadas atualmente, incluindo os melhores genes para separação a nível de espécies de cada gênero. Essas informações são importantes para compreender

a etiologia das doenças provocadas por esses gêneros fúngicos e estabelecer melhores opções de manejo para a cultura.

2 | CULTURA DA ORQUÍDEA

As orquídeas são nativas de todos os continentes, exceto a Antártida. Sua maior diversidade está presente nas regiões tropicais das Américas do Sul e Central, da África e da Ásia Equatorial. De acordo com o Word Flora Online, uma associação desenvolvida por distintas instituições botânicas ao redor do mundo, existem 33.459 nomes de espécies aceitos e 52.607 sinonímias, inseridas em 3.165 gêneros (WORD FLORA ONLINE, 2022). No Brasil, encontra-se uma das maiores floras orquidáceas distribuída de Norte a Sul, representada por 239 gêneros e 2.449 mil espécies (MEMÓRIAS DO INSTITUTO DE BOTÂNICA, 2022).

A ampla distribuição geográfica das orquídeas se deve a sua capacidade de crescer em diferentes habitats. Nesse contexto, essas plantas podem ser classificadas em orquídeas terrestres, rupícolas, saprófitas ou epífitas (PRIGEDEON, 2006). Esse último, compreende o modo de crescimento mais comum e está presente em cerca de 73% das espécies (RODRIGUES, 2011).

As orquídeas pertencem ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta e a família Orchidaceae, dividida em cinco subfamílias: Cyripedioideae, Apostasioideae, Vanilloideae, Orchidoideae e Epidendroideae (ZHAI et al., 2013). Dentre as dezenas de gêneros descritos, destacam-se: *Arundia*, *Sobralia*, *Coelogyne*, *Dendrobium*, *Bulbophyllum*, *Pleurothallis*, *Epidendrum*, *Cattleya*, *Phalaenopsis*, *Vanda*, *Maxillaria*, *Bifrenaria*, *Cymbidium*, *Catasetum*, *Stanhopea*, *Oncidium* e *Ionopsis* (SHIRAKI; DIAZ, 2012).

As espécies da família Orchidaceae são consideradas um dos mais diversos e evoluídos grupos de plantas, apresentando as seguintes características botânicas: raízes fasciculadas, envolvidas por uma epiderme multisseriada constituindo o velame; caule composto por rizoma e pseudobulbos; folhas com nervuras paralela, dispostas disticamente no caule e que variam em tamanho, cor, forma e consistência; inflorescências apresentando uma ou muitas flores, geralmente hermafroditas, com uma estrutura básica de três sépalas e três pétalas, sendo duas iguais e uma modificada, o labelo, que difere das demais pétalas em tamanho, forma e cor e é responsável pela atração e orientação dos agentes polinizadores. O estigma e o estame são unidos formando o ginostêmio. Enquanto que os grãos de pólen estão unidos em uma massa compacta, a polínia; e frutos capsulares quase secos, com três carpelos, sementes minúsculas, embrião rudimentar e sem endosperma (PRIDGEON, 2006; RODRIGUES, 2011; MEMÓRIAS DO INSTITUTO DE BOTÂNICA, 2022).

A extensa diversidade de cores, formatos, tamanhos e fragrâncias das flores, despertam o interesse não só de orquidófilos amadores, mas de orquidicultores e

até pesquisadores em todo o mundo (CHASE, 2009). Além da beleza e diversidade, o surgimento de técnicas de propagação e multiplicação *in vitro* aliada ao seu fácil cultivo são fatores que contribuem para o sucesso da disseminação e comercialização de espécies e híbridos de orquídeas (CHANDANKUMAR, 2009; MAHARJAN et al., 2020; TONG et al., 2020).

A produção de orquídeas representa um tipo de agronegócio em crescente expansão nos mercados nacional e internacional no setor da floricultura (SUZUKI et al., 2014; FARIA; COLOMBO et al., 2015). A orquidicultura equivale a aproximadamente 8% do comércio de flores ornamentais, movimentando cerca de US\$ 20 bilhões a cada ano (REIS, 2011; SUZUKI et al., 2014). No comércio internacional se destacam países como Estados Unidos, China, Japão, Cingapura, Tailândia, Taiwan, Austrália e Grã-Bretanha (THAMMASIRI, 2016). No Brasil, a produção de orquídeas tem aumentado nas diferentes regiões do país (REIS, 2011), contribuindo para o crescimento da floricultura que faturou R\$ 10,9 bilhões em 2021 (IBRAFLO, 2022).

As orquídeas têm sido destinadas a diversas finalidades, incluindo a utilização nas áreas farmacêutica, gastronômica, indústria de cosméticos, flores de corte, plantas ornamentais e em vaso (CHEN et al., 2011; TUAN, 2017; KANLAYAVATTANAKUL et al., 2018; TEOH, 2019; GANTAIT et al., 2021). As espécies do gênero *Cattleya* são consideradas importantes para o mercado de flores por possuírem elevada variabilidade genética que confere diversidade de cores, durabilidade, além de flores com formas e tamanhos atrativos (GALDIANO et al., 2017). Dessa maneira, possuem alto valor no mercado, possibilitando competir de forma promissora nas vendas, em relação a outros gêneros de orquídeas como *Phalaenopsis* e *Dendrobium* (CARDOSO et al., 2016).

Apesar da crescente demanda, alto valor comercial e grande diversidade dessas espécies, existe a necessidade de superar barreiras distintas, entre as quais podem ser citados os problemas fitossanitários (SOUSA, 2010; SWEET; UCHIDA, 2015; CAO et al., 2022).

3 | DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS EM ORQUÍDEAS

Na orquidicultura, problemas fitossanitários podem ser fator limitante significativo para a produtividade. A floricultura está cada vez mais exigente, plantas ou flores com sintomas de doenças ou sinais de ataque de pragas são depreciadas, não atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos e cobrados pelo setor (BUAINAIN; BATALHA, 2007; SRIVASTAVA et al., 2018; SILVA et al., 2021).

As espécies de orquídeas podem ser afetadas por muitas doenças, que assumem diferentes graus de importância dependendo do local e principalmente da estação de cultivo. Dentre as principais doenças provocadas por fungos nas orquídeas encontram-se: Murcha de *Fusarium* ou podridão de raiz e pseudobulbo (ocasionada por *Fusarium* spp.);

Antracnose (provocada por *Colletotrichum* spp.); Ferrugem (*Hemileia* sp.); Mofo cinzento (*Botrytis* sp.); Crosta-Negra (*Mycoleptodiscus indicus*); Murcha de *Sclerotium* ou podridão da base (*Sclerotium rolfsii*); Mancha foliar de *Phyllosticta*, também chamada de mancha das folhas (*Phyllosticta* sp. e *Selenophoma* sp.) e Podridão de raiz (*Thanatephorus cucumeris* e *Rhizoctonia solani*) (KIMATI et al., 2005).

Em um levantamento de doenças em orquídeas realizado no Rio de Janeiro verificou-se que 35,9% das plantas estavam infectadas por fungos, sendo 17% por *Fusarium oxysporum*, 13,2% por *Colletotrichum gloeosporioides*, 1,9% por *Botrytis* sp., 1,9% por *Puccinia* sp. e 1,9 % por *Phyllosticta capitalensis* (KLEIN, 2008). Resultados convergentes foram obtidos no Sul do Bahia, onde Santos (2012) realizou um estudo baseado em caracteres morfológicos de fungos e oomicetos associados a espécies nativas e cultivadas de orquídeas e relatou 25 espécies de fungos, das quais, sete espécies eram parasitas e 18 saprófitas e antagonistas, além de um oomiceto (*Phytophthora palmivora*). A antracnose e a murcha de *Fusarium* ou podridão de raiz e pseudobulbo são as doenças que ocorrem com maior frequência, podendo causar perdas econômicas nas orquídeas (KIMATI et al., 2005; KLEIN, 2008; SANTOS, 2012; SRIVASTAVA et al., 2018; KADIR et al., 2021).

3.1 Antracnose nas orquídeas

A antracnose está presente em orquidários do mundo todo e constitui um grave problema para as regiões tropicais e subtropicais. Os sintomas dessa doença geralmente iniciam-se na face adaxial da folha, com o surgimento de lesões escuras, bem definidas, que variam de circular a elíptica quanto a forma. Com o progresso da doença, estas lesões aumentam rapidamente de tamanho, formando grandes manchas que podem coalescer e ocupar uma área significativa do limbo foliar. As manchas apresentam centro deprimido, de coloração castanho-pardacenta e com inúmeros anéis concêntricos escuros. É possível observar a presença de acérvulos no interior dessas lesões, que são pequenos pontos escuros, de onde emerge uma massa de conídios envolta numa matriz mucilaginosa que possui coloração rosada ou alaranjada. Os demais órgãos da planta podem apresentar sintomas, mas com menor frequência. Nas flores, os sintomas caracterizam-se pela ocorrência de pontuações escuras nas pétalas (KIMATI et al., 1997; KLEIN, 2008; MANTOVANI, 2013).

A disseminação da antracnose ocorre através de respingos de água da chuva ou irrigação, a infecção é facilitada por ferimentos e injúrias mecânicas ou bióticas, tais como o frio e a incidência de raios solares nos tecidos da planta, que funcionam como uma porta para a entrada do patógeno. As condições climáticas apropriadas ao desenvolvimento da doença compreendem alta umidade e temperatura ótima entre 20 e 25°C (KIMATI et al., 1997; KLEIN, 2008; MANTOVANI, 2013).

O agente etiológico da antracnose em orquídeas, são espécies de fungos pertencentes ao gênero *Colletotrichum*, relatado em diversas plantas da família Orchidaceae

(CHOWDAPPA et al., 2014; SILVA-CABRAL et al., 2019; FERNANDEZ-HERRERA et al., 2020; SILVA et al., 2021). O banco de informações sobre produtos agroquímicos e afins registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, relata a espécie *C. gloeosporioides* como sendo o agente causal da antracnose, todavia, ainda não existe nenhum produto registrado para o manejo da doença (AGROFIT, 2022).

3.1.1 Gênero *Colletotrichum*

O gênero *Colletotrichum*, considerado um dos principais patógenos causadores de doenças em plantas, possui ampla distribuição e capacidade de infectar diversas culturas de importância agrícola (CAMPOS et al., 2021; RIOLO et al., 2021; KANG et al., 2022). Suas espécies são principalmente assexuadas, mas algumas possuem fase teleomórfica e estão inseridas no filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Glomerellales e família Glomerellaceae (RÉBLOVÁ et al., 2011; GIRALDO; CROUS, 2019).

Dentre as principais características morfológicas da fase assexuada de *Colletotrichum* estão: micélio septado; conidióforos pouco desenvolvidos e pequenas células conidiogênicas aglomeradas em forma de frasco, que apresentam conidiogênese enteroblástica; conidioma acervular normalmente pouco desenvolvido e com setas escuras bem desenvolvidas; e conídios hialinos, com formato cilíndrico, fusiforme ou semilunar, de paredes finas e unicelulares que germinam para produzir apressórios marrom-escuros com formatos que variam de circular a irregular (PUTZKE; PUTZKE, 2002; LINS et al., 2007; CANNON et al., 2008; MARÍN-FELIZ et al., 2017; JAYAWARDENA et al., 2020).

O gênero *Colletotrichum* foi relatado pela primeira vez em 1831 por Corda e até meados do século XX sua classificação foi realizada com base na especificidade do hospedeiro, sendo incluso aproximadamente 750 espécies no gênero (CANNON et al., 2012). Em 1957, Von Arx reorganizou a taxonomia de *Colletotrichum* com base na morfologia das espécies e o número de nomes dentro do gênero foi reduzido para 11, mas esse número aumentou gradativamente nos anos seguintes. Em 1980, Sutton realizou estudos a partir das características morfológicas e culturais e aceitou no gênero 22 espécies. No ano 2000, estudos com base na morfologia, avaliação cultural e patogenicidade propiciaram o aumento do número de espécies aceitas para 40 (CANNON et al., 2000).

Com o advento das técnicas moleculares, a distinção das espécies de *Colletotrichum* passou a ser realizada com base na análise do DNA (CANNON et al., 2012). Inicialmente, a maioria dos trabalhos foram baseados em análises da região de espaçadores de transcritos internos de rDNA nuclear (ITS) e caracteres morfoculturais (CAI et al., 2009; HYDE et al., 2009; DAMM et al., 2009; CANNON et al., 2012; SHARMA et al., 2013). Com o passar do tempo, observou-se a necessidade da utilização de outros genes e regiões filogenéticas para a delimitação de espécies dentro do gênero (LÜCKING et al., 2020).

Estudos foram publicados ressaltando a necessidade de análises filogenéticas

multilocus com genes mais informativos e também de epitificação das espécies de *Colletotrichum* (HYDE et al., 2009). Nessa mesma época, concluiu-se que para uma identificação mais precisa e confiável das espécies, o melhor seria a utilização de dados moleculares, morfológicos e fisiológicos, relacionados a patogenicidade, isto é, o uso de uma abordagem polifásica, já que a antiga forma de classificação tornou os limites das espécies ambíguos e confusos (CAI et al., 2009).

Dessa maneira, análises filogenéticas multilocus tornaram-se normas. Para a delimitação da maioria das espécies de *Colletotrichum* tem sido utilizado combinações de seqüências que englobam: actina (ACT), calmodulina (CAL), quitina sintetase (CHS-1), gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (GAPDH), histone-3 (HIS-3), glutamina sintetase (GS), superóxido dismutase de manganês (SOD), β -tubulina (TUB) e a região ITS (CANNON et al., 2012; WEIR et al., 2012).

No entanto, a eficiência destes genes e regiões podem variar de acordo com os diferentes complexos de espécies no gênero (JAYAWARDENA et al., 2016). O gene *gapdh*, por exemplo, já foi indicado como barcode (código de barras) secundário na identificação de *Colletotrichum* spp., pois sua combinação com outros genes permite diferenciar a maioria dos táxons (WEIR et al., 2012) e, por isso, passou a ser empregado como medida inicial na avaliação da diversidade em estudos de identificação de espécies (OLIVEIRA et al., 2018; WACULICZ-ANDRADE et al., 2018). Por outro lado, a região intergênica dos genes *apn2* e *MAT1-2-1* (ApMat) apresenta alta resolução para distinguir as espécies do complexo *C. gloeosporioides*, mas tem sido pouco útil em outros complexos (SILVA et al., 2012; SHARMA et al., 2015). Essa informação converge com o estudo realizado por Vieira et al. (2020), no qual indicam os melhores marcadores moleculares para delimitar espécies dentro de cada complexo de *Colletotrichum*.

Com base nesta nova abordagem, muitas espécies do gênero foram revisadas e tipificadas. Atualmente, são reconhecidas 280 espécies de *Colletotrichum*, dentre elas, 15 são espécies isoladas (*singleton*) e as outras 265 espécies estão agrupadas em um dos 16 complexos reconhecidos: *C. gloeosporioides*, *C. gigasporum*, *C. boninense*, *C. acutatum*, *C. graminicola*, *C. caudatum*, *C. spaethianum*, *C. destructivum*, *C. dematium*, *C. truncatum*, *C. orbiculare*, *C. dracaenophilum*, *C. magnum*, *C. agaves*, *C. orchidearum* e *C. bambusicola* (JAYAWARDENA et al., 2021; TALHINHAS; BARONCELLI, 2021; LIU et al., 2022).

Na família Orchidaceae existem 28 espécies relatadas que estão associadas a *Colletotrichum*. Cerca de 36 espécies distribuídas em 9 complexos de *Colletotrichum* foram identificadas em orquídeas (TALHINHAS et al., 2021). De acordo com a literatura, as espécies do complexo *C. gloeosporioides* estão entre as que mais ocorrem na cultura. O complexo *C. gloeosporioides* foi relatado em *Coelogyne graminifolia*, *Cymbidium* sp. var. *wondrous*, *Dendrobium chrysotoxum*, *Phaelonopsis* sp. e em um *Cymbidium* híbrido na Índia (CHOWDAPPA et al., 2012). A espécie *C. gloeosporioides* também foi encontrada causando doença em folhas de *Vanda* sp. no sudeste da China (YOU LIAN et al., 2011) e

em *Cattleya* sp., *Cymbidium* sp., *Dendrobium* sp., *Oncidium* sp., *Stanhopea* sp., *Encyclia* sp. e *Vanilla planifolia* (CANNON et al., 2008; TALUBNAK; SOYTONG, 2010; HUANG et al., 2012; PARK et al., 2013; MARTÍN-MEX et al., 2017). Na região nordeste do Brasil, as espécies *C. tropicale* e *C. fruticosa* foram relatadas em *Cattleya* sp. e *Phalaenopsis* sp. (SILVA-CABRAL et al., 2019). Além disto, outras espécies pertencentes ao complexo *C. gloeosporioides* foram registradas ocasionando sintomas de antracnose em plantas da família Orchidaceae (YOULIAN et al., 2011; SILVA-CABRAL et al., 2019).

No complexo *C. orchidearum*, a espécie *C. orchidearum* é relatada de forma recorrente em orquídeas, em pelo menos 14 gêneros deste grupo de plantas (SACCARDO; SACCARDO, 1906; TROTTER; CASH, 1972; YOULIAN et al., 2011; XU et al., 2016; DAMM et al., 2018). Entretanto, parte dessas identificações foram baseadas na morfologia do patógeno e na ocorrência do gênero no hospedeiro. Em relação a identificação molecular, aplicando filogenia multilocus, existem registros apenas de *C. orchidearum* em *Eria stellata*, *Pleurothallis tubata*, *Cymbidium pendulum*, *Oncidium* spp., *Dendrobium nobile*, *Phalaenopsis* sp., *Vanda* sp., *Cymbidium hookerianum* e *Cattleya* sp. (YOULIAN et al., 2011; DAMM et al., 2018). Além disso, *C. cliviicola*, *C. vittalense* e *C. cattleyicola* também foram identificadas molecularmente em Orchidaceae (CHOWPPADA et al., 2014; DAMM et al., 2018).

No complexo *C. boninense* algumas espécies foram detectadas atuando como agente etiológico de antracnose em orquídeas. *Colletotrichum cymbidiicola* é específico da família Orchidaceae e foi inicialmente registrado em *Cymbidium* spp., mas também ocorre em *Coelogyne elata* e *Dendrobium pendulum* (CHOWPPADA et al., 2014; LIU et al., 2018; PARK et al., 2020). A espécie *C. karstii* foi encontrada em *Phalaenopsis* sp. nos Estados Unidos, em *Dendrobium nobile* no México e em *Cattleya walkeriana* no Brasil (JADRANE et al., 2012; FERNANDEZ-HERRERA et al., 2020; SILVA et al., 2021). *Colletotrichum boninense* também já foi associado a antracnose em Orchidaceae (YOULIAN et al., 2011; GANG et al., 2013).

Outra espécie que infecta uma ampla gama de plantas pertencentes a família Orchidaceae é *C. orchidophilum*, uma espécie única e descrita a partir de fungos isolados de orquídeas (DAMM et al., 2018). Essa espécie é restrita a família Orchidaceae no Reino Unido, Estados Unidos, Panamá e China (DAMM et al., 2012). Além disso, *C. orchidophilum* é importante por estar intimamente relacionada ao complexo de *C. acutatum*, sendo utilizada como um grupo externo de referência na construção de árvores filogenéticas de espécies de *C. acutatum* (BARONCELLI et al. 2017). No Canadá, devido sua importância, o genoma de *C. orchidophilum* cepa IMI 309357 foi sequenciado usando sequenciamento Illumina pela McGill University and Genome (BANKEVICH et al. 2012).

3.2 Podridão de raiz e pseudobulbo

A podridão ocasionada por *Fusarium* spp., ocorre em muitas ornamentais de jardins

populares e estufa, podendo danificar as plantas em qualquer fase de produção (GULLINO et al., 2002). Vários gêneros de orquídeas como *Cattleya*, *Cymbidium*, *Dendrobium* e *Phalaenopsis* têm se mostrado suscetíveis a essa doença (KIM et al., 2002; PEDROSO-DE-MORAES et al., 2011; MOHD et al., 2021). *Fusarium* spp. frequentemente afetam plantas e brotos jovens. As mudas são rapidamente mortas pelo fungo, enquanto as orquídeas sobreviventes continuam sendo afetadas pelo patógeno, que pode provocar a morte de várias plantas e causar perdas severas (SRIVASTAVA et al., 2018).

A infecção por *Fusarium*, geralmente, acarreta manchas, requeima ou podridão foliar, apodrecimento da bainha e do meristema apical. Os sintomas manifestam-se inicialmente pela raiz e colo da planta, por onde os fungos penetram e vão evoluindo de modo ascendente até alcançarem o pseudobulbo e, posteriormente, a região do limbo foliar. Nas folhas, os sintomas iniciam com o aparecimento de manchas cloróticas, circulares, de 2 a 5 mm, que progridem para lesões necróticas, pequenas e deprimidas, com coloração variando de marrom a marrom-escuro. Em infecções graves, essas manchas coalescem e impedem o crescimento da parte aérea (SWETT; UCHIDA, 2015). As folhas podem se tornar flácidas, se desprendendo do pseudobulbo, que por sua vez, em pouco tempo perde a turgescência e morre (KIMATI et al., 2005). Se apenas as folhas jovens são afetadas e o meristema apical escurece e morre, as folhas mais velhas permanecem verdes. As folhas são infectadas quando jovens e a gravidade da doença depende da idade e dos níveis de umidade dos brotos (LEONHARDT; SEWAKE, 1999; KAWATE; SEWAKE, 2014). A presença de fileiras com três a quatro manchas na superfície da folha é uma característica típica de infecções causadas por *Fusarium* (KAWATE; SEWAKE, 2014).

Nas Bainhas, surgem pequenas manchas escuras que evoluem para a podridão, em ambientes úmidos (LEONHARDT; SEWAKE, 1999). Os brotos jovens infectados produzem bastões curtos e não florescem quando maduros ou podem apodrecer completamente (KAWATE; SEWAKE, 2014). As flores também são afetadas, desenvolvendo manchas necróticas ovais e marrom-escuras (LEONHARDT; SEWAKE, 1999; KAWATE; SEWAKE, 2014). As espécies de *Fusarium* ficam nos feixes vasculares da planta, o que acelera o processo da doença e culmina, na maioria das vezes, na morte da planta (KIMATI et al., 2005; MOHD et al., 2021).

A doença é disseminada através dos conídios e ascósporos do fungo (DOOHAN et al., 2003). Esses esporos podem se dispersar pelo vento e respingos de água da chuva e principalmente de irrigação (ICHIKAWA et al., 2003). Insetos e ferramentas também espalham a doença à medida que entram em contato com algum material infectado, se deslocando em seguida para novas plantas (AGRIOS, 2000). Quando fungos do gênero *Fusarium* são introduzidos em viveiros, estufas, jardins ou campos, são capazes de sobreviver durante vários anos no solo, independentemente da presença da planta hospedeira na área. A maioria das espécies deste gênero é disseminada por meio do solo, podendo causar doenças em mudas ou plantas enfraquecidas (SUMMERELL et al., 2003).

A incidência de doenças provocadas por *Fusarium* em orquídeas tem aumentado constantemente em todo o mundo, sendo consideradas um dos principais fatores limitantes para a produção de orquídeas de alta qualidade, desafiando gerentes de fazendas e viveiro a conceber e implementar programas de manejo eficientes para controlar as espécies patogênicas deste fungo (WEDGE; ELMER, 2008).

3.2.1 Gênero *Fusarium*

O gênero *Fusarium* é amplamente distribuído no solo e está entre os fungos mais estudados e importantes do mundo (LESLIE; SUMMERELL, 2006). Parte das espécies do gênero se comportam como patógenos de plantas, incluindo várias culturas de interesse agrícola (SANTIAGO et al., 2018; AVILA et al., 2019; OKELLO et al., 2020; AMARAL et al., 2022). Além disso, são potenciais produtores de uma variedade de micotoxinas, algumas delas prejudiciais a animais e humanos (DESJARDINS 2006; LESLIE; SUMMERELL, 2006). Membros do gênero também tem sido cada vez mais observados como agentes de infecção oportunistas em humanos imunossuprimidos (CHIEWCHANVIT et al., 2017; ARNONI et al., 2018).

Em plantas da família Orchidaceae, o gênero *Fusarium* foi relatado atuando como patógenos e não patógenos. As espécies não patogênicas de *Fusarium* associadas as orquídeas auxiliam na germinação das sementes e na coloração das plântulas (VUJANOVIC et al., 2000) e podem ser usadas para controlar a murcha de *Fusarium* em algumas culturas (ALABOUVETTE et al., 1993). Já as espécies patogênicas utilizam diversas estratégias de infecção, mas são consideradas hemibiotróficas capazes de fazer a mudança para necrotróficas, dependendo de estímulos ambientais e metabólitos específicos (PERFECT et al., 2001).

A maioria das espécies de *Fusarium*, particularmente as fitopatogênicas, apresentam fase sexual e assexual. Na fase sexual ocorre a produção de ascósporos dentro de peritécios e é mais difícil de ser encontrada. A fase assexual é mais comum e entre as suas principais características estão a formação de macroconídios que podem variar quanto a forma e número de septos, microconídios e esporodóquio. Os macroconídios, são os mais importantes caracteres morfológicos usados na identificação de espécies de *Fusarium* (LESLIE; SUMMERELL, 2006). Algumas espécies possuem capacidade de produzir esporos de sobrevivência de paredes espessas, os clamidósporos, estruturas especializadas que permanecem viáveis por anos em partes de plantas, no solo ou substrato (SUMMERELL et al., 2003).

O gênero *Fusarium* pertence a família Nectriaceae, compreendendo aproximadamente 300 espécies filogeneticamente distintas, agrupadas em 20 complexos e nove linhagens monotípicas (O'DONNELL et al., 2015). Sua identificação pode ser realizada com base nos caracteres morfológicos, mas para chegar a nível de espécie o

diagnóstico se torna mais complexo, sendo necessário a realização de isolamento do fungo, obtenção de cultura pura, avaliação morfológica, extração de DNA, sequenciamento de genes informativos e análise filogenética para determinar a identidade da espécie (HAN et al., 2015; AVILA et al., 2019; O'DONNELL et al., 2022). Os genes comumente sequenciados para *Fusarium* incluem fator de alongamento de translocação-1 α (*tef-1 α*), RNA polimerase 1 e 2 (RPB1 e RPB2), β -tubulina (*tub*) e histona (*his*) (HAN et al., 2015; AVILA et al., 2019; SUMMEREL, 2019; O'DONNELL et al., 2022). A sequência resultante é comparada com sequências de isolados de referência de espécies relacionadas disponíveis em banco de dados. Existem dois bancos de dados específicos para *Fusarium*, o Fusarium MLST no Westerdijk Institute (<http://www.westerdijkinstitute.nl/fusarium/>) (O'DONNELL et al., 2010) e o Fusarium ID na Pennsylvania State University (<http://isolate.fusariumdb.org/guide.php>) (TORRES-CRUZ et al., 2022), além das sequências de *Fusarium* disponíveis no GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

O gene *tef-1 α* tem sido recomendado como barcode para a identificação de espécies de *Fusarium*, juntamente com o sequenciamento de RPB1 e/ou RPB2 com a finalidade de confirmar essa identificação (SUMMEREL, 2019). Na literatura, alguns autores utilizaram a região espaçadora transcrita interna do gene ribossomal (ITS) na identificação de *Fusarium* spp. em orquídeas (LATIFFAH et al., 2009; LAURENCE et al., 2016; KADIR et al., 2021), mas, embora ITS seja um importante código de barras de DNA padrão para fungos, é pouco informativo para muitas espécies de *Fusarium* e, assim, como regra geral, não deve ser utilizado para identificação de espécies em *Fusarium* (SUMMEREL, 2019).

Em orquídeas, *Fusarium* como patógeno, foi relatado em diferentes estudos e locais ao redor do mundo. Dentre as espécies de *Fusarium* que ocasionam doenças foliares e radiculares em orquídeas estão *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. subglutinans* e *F. sachari*. Também é comum a ocorrência de mais de uma espécie no mesmo local, provocando sintomas semelhantes (ICHIKAWA; AOKI, 2000; LATIFFAH et al., 2009; SHAKIRAH et al., 2013; SRIVASTAVA, 2018; SWETT; UCHIDA, 2015; DEKHAM et al., 2020).

A espécie *F. oxysporum* é considerada a mais descrita e uma das mais destrutivas em orquídeas, sendo reportada como patógeno em *Cattleya*, *Cymbidium*, *Dendrobium*, *Miltonia*, *Oncidium* e *Phalaenopsis* (KIM et al., 2002; PEDROSO-DE-MORAES et al., 2011; SRIVASTAVA, 2018; SWETT; UCHIDA, 2015). A forma especial *cattleya* de *F. oxysporum* foi reportada em híbridos de *Cattleya* no Brasil (PEDROSO-DE-MORAES et al., 2011).

Existem relatos de *F. proliferatum* causando doenças em partes distintas de orquídeas, como mancha foliar em *Cymbidium*, *Odontioda*, *Dendrobium* e *Cattleya*, e podridão de caule e raiz em *Dendrobium*, *Cymbidium* e *Phalaenopsis*. Esses registros foram realizados em diferentes países, dentre eles estão Japão, Malásia e Estados Unidos (ICHIKAWA; AOKI, 2000; LATIFFAH et al., 2009; ZAKARIA et al., 2009; SWETT; UCHIDA, 2015; SRIVASTAVA, 2018).

Fusarium solani também foi encontrado ocasionando mancha foliar e podridão da bainha e pseudobulbo em *Cymbidium* (BENYON et al., 1996), *Dendrobium* (LATIFFAH et al., 2009) e *Miltonia* (SRIVASTAVA, 2018). Além disso, essa espécie está associada a podridão radicular e de pseudobulbo de *Cymbidium* no Japão (ICHIKAWA; HEIDEKI, 1998). Uma nova forma *specialis* de *F. solani* foi relatada como o agente etiológico de manchas nas folhas de *Phalaenopsis* no Taiwan e na Austrália, identificado como *F. solani* f. sp. *phalaenopsis* (CHUNG et al., 2011; LAURENCE et al., 2016).

A espécie *F. subglutinans*, anteriormente relatada como *F. moniliforme* var. *subglutinans* (LESLIE; SUMMERELL, 2006) causa mancha foliar e ferrugem de flores em *Cymbidium* (BROADHURST; HARTILL, 1996; ICHIKAWA; AOKI, 2000). A espécie também foi descrita como patogênica a *Dendrobium* nos EUA em 2015, entretanto, a identificação das espécies não foi confirmada mediante análise molecular (SWETT; UCHIDA, 2015).

3.3 Mancha foliar de Pestalotiopsis

Manchas causadas por *Pestalotiopsis* spp. foram observadas em diversas culturas como eucalipto, palma, morango, uva, mirtilo, jaca, ameixa, abacate, macadâmia, seringueira, antúrio e flores tropicais (AYOUBI et al., 2016; MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2016; CONFORTO et al., 2019; RODRÍGUEZ-GÁLVEZ et al., 2020; PORNSURIYA et al., 2020; DAENGSUWAN et al., 2021; DARAPANIT et al., 2021; PRASANNATH et al., 2021; CAO et al., 2022). Essa doença também tem sido descrita em espécies de plantas pertencentes ao grupo das orquídeas (QIN et al., 2020; CAO et al., 2022).

Em *Dendrobium officinale* os sintomas iniciam como pequenas manchas pretas circulares e, com o progresso da doença, o centro das lesões torna-se deprimido e a borda escurecida (CAO et al., 2022). A mancha de Pestalotiopsis foi relatada na China afetando aproximadamente 20% das orquídeas cultivadas em uma estufa localizada na Província de Zhejiang, considerada o principal centro de produção de *D. officinale* do país (CAO et al., 2022).

Na espécie *Paphiopedilum micranthum*, a doença é caracterizada pela ocorrência de manchas marrons nas folhas e pela seca gradual dos tecidos ao redor dessas manchas, que se expandem e formam áreas necróticas. Em casos graves, as áreas necróticas coalescem e surge uma grande área de podridão seca na superfície das folhas, prejudicando o valor comercial dessas ornamentais. Esta doença foi observada durante todo o ano de 2018 em Nanning e vem se espalhando em outras partes da província de Guangxi, na China, com incidência máxima de aproximadamente 30% nos meses de julho e agosto (QIN et al., 2020). A mancha foliar de Pestalotiopsis em orquídeas pode ser ocasionada por fungos pestalotiídeos (QIN et al., 2020; CAO et al., 2022).

3.3.1 Fungos pestalotiídeos

Os pestalotiídeos são fungos comuns com características morfológicas assexuadas

e agrupados na família Amphisphaeriaceae (LEE et al., 2006; MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2014). Tanto *Pestalotiopsis*, como *Neopestalotiopsis* e *Pseudopestalotiopsis* podem ser comumente encontrados como endófitos, patógenos de plantas e produtores de metabólitos com aplicações agrícolas, industriais e medicinais (XU et al., 2020; GUALBERTO et al., 2021; AHMADI, 2022).

O grupo dos fungos pestalotiídeos teve início quando Steyaert em 1949, dividiu *Pestalotia* com base na forma dos conídios em *Pestalotia*, *Pestalotiopsis* e *Truncatella*. O gênero *Pestalotia* possuía uma única espécie, *P. pezizoides*, descrita a partir de caules e folhas de *Vitis vinifera* coletada na Itália e que apresenta conídios de 6 células, sendo as quatro células medianas marrom-oliváceas e os terminais hialinas (MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2014). Já o gênero *Pestalotiopsis* foi designado para espécies com conídios de 5 células e *Truncatella* para as que possuem 4 células. *Pestalotia* e *Truncatella* foram mantidos como gêneros com 6 e 4 células, respectivamente, enquanto *Pestalotiopsis* foi dividido com base no número de apêndices apicais em seções, que por sua vez foram separadas em subdivisões (STEYAERT, 1949).

Essas subdivisões foram baseadas na morfologia dos conídios, que foram classificados em concolores ou versicolorosos e em conídios fusóides ou claviformes. Os concolores são os conídios que tem as células medianas igualmente pigmentadas, já os versicolorosos correspondem aqueles que apresentam as duas células medianas superiores mais escuras do que a célula mediana inferior. Os conídios fusóides ou claviformes podem possuir apêndices apicais ramificados e espatulados ou não ramificados e não espatulados (STEYAERT, 1949).

Posteriormente, Guba (1961) descreveu 220 espécies e dividiu *Pestalotia* com base na forma dos conídios, cor, posição e natureza das células, propondo que *Pestalotiopsis* e *Truncatella* eram sinônimas sob *Pestalotia* e que não existia justificativa para a criação de outros gêneros. Além do mais, Dube e Bilgrami (1965) também enfatizaram que não havia distinção clara referente a morfologia dos conídios de *Pestalotia*, *Pestalotiopsis* e *Truncatella*, dessa maneira acharam plausível manter todas as espécies em *Pestalotia*. No entanto, Steyaert (1961, 1963), forneceu mais provas que assegurava a divisão de *Pestalotia*, argumentando que *Pestalotiopsis*, *Truncatella* e *Pestalotia* foram distinguidos com base em um conjunto de caracteres.

Sutton (1980) aceitou que esses gêneros se encaixam em grupos bem definidos, contudo, identificou problemas na taxonomia de *Pestalotiopsis*. Mais tarde, Nag Raj (1985, 1993) avaliou a necessidade de redistribuir muitas espécies pertencentes a *Pestalotia* para outros gêneros e preferiu adotar um conceito mais amplo para *Pestalotiopsis* em comparação ao de Steyaert (1949), incluindo formas com conídios de 3 septos (JEEWON et al., 2003). Todavia, a espécie tipo de *Pestalotiopsis* é *P. guepinii*, isolada de caules e folhas de *Camellia japonica* coletada na França, possuindo conídios com cinco células, sendo as três células medianas concolores e a terminal hialina (STEYAERT, 1949). Diante disso,

Nag Raj (1985) pontuou a importância de reexaminar o material tipo de *Pestalotiopsis* e os gêneros relacionados e redescreveu a espécie *Pestalotiopsis maculans*, considerando-a como tipo genérico de *Pestalotiopsis* e sinônimo de *P. guepinii*.

Em 2003, com a observação de características das células medianas associadas a análise da região ITS, surgiu o primeiro indicativo de que os membros de *Pestalotiopsis* não pertencem a um único táxon (JEEWON et al., 2003). Porém, foi somente em 2014 que a taxonomia de *Pestalotiopsis* foi reorganizada, a partir da combinação de análises filogenéticas multilocus da região ITS e dos genes *tub2* e *tef1- α* em conjunto com as características morfológicas dos conídios, principalmente a cor das células medianas e das células conidiogênicas. Com isso, dois novos gêneros, *Neopestalotiopsis* e *Pseudopestalotiopsis*, segregaram de *Pestalotiopsis* e foram introduzidos no táxon (MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2014).

Estes três gêneros são anamórficos e apresentam diferenças morfológicas sutis. *Pestalotiopsis* possui conídios contendo cinco células, retos ou levemente curvados, fusiformes, elipsóides, com três células medianas marrons, células apical e basal hialinas e dois ou mais apêndices apicais (JEEWON et al. 2002; MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2014). Já *Neopestalotiopsis*, apresenta células medianas versicolorosas e provavelmente evoluiu de *Pseudopestalotiopsis*, que possuem células medianas concolores (MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2014).

Apesar dos pestalotioides (*Pestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis* e *Neopestalotiopsis*) ocasionarem doenças em uma ampla gama de hospedeiros e consequente perdas em culturas economicamente importantes, ainda não foram devidamente reconhecidos (AYOUBI; PARI, 2016). Espécies representativas de *Pestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis* e *Neopestalotiopsis* tem sido descritas como endofíticas (ALADE et al., 2018; ZHOU et al., 2018), saprófitas (COSTA et al., GUSMÃO, 2015; JEEWON et al., 2013; MAHARACHCHIKUMBURA et al., 2014) e agentes causadores de doenças em frutos e folhas (AYOUBI; SOLEIMANI, 2016; JAYAWARDENA et al., 2016; MORALES-RODRÍGUEZ et al., 2019; PORNURIYA et al., 2020; SHU et al., 2020; ZHAO et al., 2020).

Em orquídeas, apenas os gêneros *Pestalotiopsis* e *Neopestalotiopsis* foram associados a sintomas de mancha foliar (QIN et al., 2020; CAO et al., 2022). Uma espécie nova de *Pestalotiopsis* foi relatada em *Bulbophyllum thouars* na província de Guangxi, localizado na China (WANG et al., 2017). Nesse mesmo local, *N. saprophytica* foi isolado de folhas de *Paphiopedilum micranthum* coletadas em jardins do condado de Leye (QIN et al., 2020). Ainda na China, recentemente ocorreu o relato da espécie *N. clavispora* causando sintomas nas folhas de *Dendrobium officinale*, uma das orquídeas mais usadas na medicina tradicional chinesa (CAO et al., 2022).

REFERÊNCIAS

AGRIOS, George N. **Plant pathology**. Elsevier, 2005.

AGROFIT/MAPA – SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso: Outubro, 2022.

ALABOUVETTE, C.; LEMANCEAU, P.; STEINBERG, C. Recent advances in the biological control of *Fusarium* wilts. **Pesticide Science**, v. 37, n. 4, p. 365-373, 1993.

ALADE, G. O.; MOODY, J. O.; BAKARE, A. G.; AWOTONA, O. R.; ADESANYA, S.; LAI, D.; PROKSCH, P. Metabolites from endophytic fungus; *Pestalotiopsis clavispora* isolated from Phoenix reclinata leaf. **Future Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 273-275, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fjps.2018.10.001>

AHMADI, S. Antibacterial and antifungal activities of medicinal plant species and endophytes. **Cellular, Molecular and Biomedical Reports**, v. 2, n. 2, p. 109-115, 2022. <https://doi.org/10.55705/cmbr.2022.340532.1042>

AMARAL, A. C. T.; KOROIVA, R.; DA COSTA, A. F.; LIMA, C. S.; OLIVEIRA, N. T. First report of *Fusarium lacertarum* as the causal agent of wilt in *Vigna unguiculata*. **Journal of Plant Pathology**, v. 104, n. 1173, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01146-7>

ARNONI, M. V.; PAULA, C. R.; AULER, M. E.; SIMÕES, C. C. N.; NAKANO, S.; SZESZS, M. W.; RUIZ, L. D. S. Infections caused by *Fusarium* species in pediatric cancer patients and review of published literature. **Mycopathologia**, v. 183, n. 6, p. 941-949, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11046-018-0257-6>

AYOUBI, N.; SOLEIMANI PARI, S. Morphological and molecular identification of *Neopestalotiopsis mesopotamica* causing tomato fruit rot. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 123, n. 6, p. 267-271, 2016. <https://doi.org/10.1007/s41348-016-0042-z>

AYOUBI, N.; SOLEIMANI, M. J. Strawberry fruit rot caused by *Neopestalotiopsis iranensis* sp. nov., and *N. mesopotamica*. **Current microbiology**, v. 72, n. 3, p. 329-336, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0955-y>

AVILA, C. F.; MOREIRA, G. M.; NICOLLI, C. P.; GOMES, L. B.; ABREU, L. M.; PFENNING, L. H.; DEL PONTE, E. M. *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex associated with Brazilian rice: Phylogeny, morphology and toxigenic potential. **International Journal of Food Microbiology**, v. 306, p. 108-267, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108267>

BARONCELLI, R.; SUKNO, S. A.; SARROCCO, S.; CAFÀ, G.; LE FLOCH, G.; THON, M. R. Whole-genome sequence of the orchid anthracnose pathogen *Colletotrichum orchidophilum*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 31, n. 10, p. 979-981, 2018. <https://doi.org/10.1094/MPMI-03-18-0055-A>

BENYON, F.; SUMMERELL, B. A.; BURGESS, L. W. Association of *Fusarium* species with root rot of *Cymbidium orchids*. **Australasian Plant Pathology**, v. 25, n. 4, p. 226-228, 1996. <https://doi.org/10.1071/AP96041>

BROADHURST, P. G. Occurrence of *Fusarium subglutinans* on *Cymbidium orchids* in New Zealand. **Plant Disease**, v. 80, p. 711, 1996.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). **Cadeias Produtivas de Flores e Mel**. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. 140 p. (Série Agronegócios).

CAI, L.; HYDE, K. D.; TAYLOR, P. W. J.; WEIR, B.; WALLER, J. M.; ABANG, M. M.; ZANG, J. C.; YANG, Y. L.; PHOULIYONG, S.; PRIHASTUTI, Z. Y.; SHIVAS R. G.; MCKENZIE, E. H. C.; JOHNSTON, P. R. A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. *Fungal Divers*, v. 39, p.183–204, 2009.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. John Wiley & Sons., 1990.

CAMPOS, L. J. M.; DE ALMEIDA, R. E. M.; DA SILVA, D. D.; COTA, L. V.; NAOE, A. M. L.; PELUZIO, J. M.; DA COSTA, R. V. Physiological and biophysical alterations in maize plants caused by *Colletotrichum graminicola* infection verified by OJIP study. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, n. 6, p. 674-683, 2021. <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00465-x>

CANNON, P. F.; BRIDGE, P. D.; MONTE, E. **Linking the past, present and future of *Colletotrichum* systematics**. In: Prusky D, Freeman S, Dickman MB (eds) *Colletotrichum: host specificity, pathology and host-pathogen interaction*. APS Press, St. Paul, pp 1–20. 2000.

CANNON, P. F.; BUDDIE, A. G.; BRIDGE, P. D. The typification of *Colletotrichum gloeosporioides*. **Mycotaxonv**, v. 104, p. 189-204, 2008.

CANNON, P.F.; DAMM, U.; JOHNSTON, P. R.; WEIR, B. S. *Colletotrichum*-current status and future directions. **Studies Mycology** v. 73, p. 181–213, 2012. <https://doi.org/10.3114%2Fsm0014>

CAO, P.; FANG, Y.; ZHENG, Z.; HAN, X.; ZOU, H.; X. YAN. Occurrence of *Neopestalotiopsis clavispora* Causing Leaf Spot on *Dendrobium officinale* in China. **Plant Disease**, v. 106, n. 6, p. 1761, 2022. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-21-2432-PDN>

CARDOSO, J. C.; MARTINELLI, A. P.; SILVA, J. A. T. A novel approach for the selection of *Cattleya* hybrids for precocious and season-independent flowering. **Euphytica**, v. 210, n. 1, p. 143- 150, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1714-2>

CHANDANKUMAR, G. H. **Business appraisal of orchid flower production in Karnataka**. Dissertação (Mestrado em MBA de gestão Agroempresarial)-University of Agricultural Sciences, Bengaluru. 2009.

CHASE, M. W.; CAMERON, K. M.; BARRETT, R. L.; FREUDENSTEIN, J. V. DNA data and Orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. **Orchid conservation**, v. 69, n. 89, p. 32, 2003.

CHIEWCHANVIT, S.; CHONGKAE, S.; MAHANUPAB, P.; NOSANCHUK, J. D.; PORNSUWAN, S.; VANITTANAKOM, N.; YOUNGCHIM, S. Melanization of *Fusarium keratoplasticum* (*F. solani* species complex) during disseminated fusariosis in a patient with acute leukemia. **Mycopathologia**, v. 182, n. 9, p. 879-885, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11046-017-0156-2>

CHEN, J.; HU, K. X.; HOU, X. Q.; GUO, S. X. Endophytic fungi assemblages from 10 *Dendrobium* medicinal plants (Orchidaceae). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, p.1009-1016, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0544-y>

CHOWDAPPA, P.; CHETHANA, C. S.; BHARGHAVI, R.; SANDHYA, H.; PANT, R. P. Morphological and molecular characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sac. isolates causing anthracnose of orchids in India. **Biotechnol. Bioinf. Bioeng**, v. 2, n. 1, p. 567-572, 2012.

CHOWDAPPA, P.; CHETHANA, C. S.; PANT, R. P.; BRIDGE, P. D. Multilocus gene phylogeny reveals occurrence of *Colletotrichum cymbidicola* and *C. cliviae* on orchids in North East India. **Journal of Plant Pathology**, v. 96, n. 2, p. 327-334, 2014. <http://dx.doi.org/10.4454/JPP.V96I2.045>

CHUNG, W. C.; CHEN, L. W.; HUANG, J. H.; HUANG, H. C.; CHUNG, W. H. A new 'forma specialis' of *Fusarium solani* causing leaf yellowing of *Phalaenopsis*. **Plant Pathology**, v. 60, n. 2, p. 244-252, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02376.x>

CONFORTO, C.; LIMA, N. B.; SILVA, F. J. A.; CÂMARA, M. P. S.; MAHARACHCHIKUMBURA, S.; MICHEREFF, S. J. Characterization of fungal species associated with cladode brown spot on *Nopalea cochenillifera* in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 155, n. 4, p. 1179-1194, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01847-3>

COSTA, L. A.; GUSMÃO, L. F. P. Characterization saprobic fungi on leaf litter of two species of trees in the Atlantic Forest, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, p. 1027-1035, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246420140548>

DAENGSUWAN, W.; WONGLOM, P.; ARIKIT, S.; SUNPAPAO, A. Morphological and molecular identification of *Neopestalotiopsis clavispota* causing flower blight on *Anthurium andraeanum* in Thailand. **Horticultural Plant Journal**, v. 7, n. 6, p. 573-578, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.10.004>

DAMM, U.; WOUDEBERG, J. H. C.; CANNON, P. F.; CROUS, P. W. *Colletotrichum* species with curved conidia from herbaceous hosts. **Fungal Diversity**, v. 39, p. 45-87, 2009.

DAMM, U.; CANNON, P. F.; WOUDEBERG, J. H. C., CROUS, P. W. The *Colletotrichum acutatum* species complex. **Studies in mycology**, v. 73, p. 37-113, 2012. <https://doi.org/10.3114/sim0010>

DAMM, U.; SATO, T.; ALIZADEH, A.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. The *Colletotrichum dracaenophilum*, *C. magnum* and *C. orchidearum* species complexes. **Studies in Mycology**, v. 92, p. 1-46, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.04.001>

DARAPANIT, A.; BOONYUEN, N.; LEESUTTHIPHONCHAI, W.; NUANKAEW, S.; PIASAI, O. Identification, pathogenicity and effects of plant extracts on *Neopestalotiopsis* and *Pseudopestalotiopsis* causing fruit diseases. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02113-5>

DEKHAM, K.; KANCHANAWATEE, K. The first report of *Fusarium sacchari* causing yellow leaf spot disease on *Rhynchosyilis gigantea* orchids in Thailand. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 15, p. 68-74, 2020. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2020.68.74>

DESJARDINS, A. E. *Fusarium Mycotoxins: Chemistry, Genetics, and Biology*; APS Press, American Phytopathological Society: St. Paul, MN, USA, 2006.

DOOHAN, F. M.; BRENNAN, J.; COOKE, B. M. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. In: **Epidemiology of mycotoxin producing fungi**. Springer, Dordrecht, p. 755-768. 2003. [10.1590/S0102-053620150000400022](https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400022)

DUBE, H. C.; BILGRAMI, K. S. *Pestalotia* or *Pestalotiopsis*?. **Mycopathologia et mycologia applicata**, v. 29, n. 1, p. 33-54, 1966. <https://doi.org/10.1007/BF02055055>

FARIA, R. T. D.; COLOMBO, R. C. *Oncidium*: a orquídea em expansão no cenário florícola. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 533-533, 2015. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02113-5>

FERNÁNDEZ-HERREIRA, E.; RENTERÍA-MARTÍNEZ, M. E.; RAMÍREZ-BUSTOS, I. I.; MORENO-SALAZAR, S. F.; OCHOA-MEZA, A.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, D. *Colletotrichum karstii*: causal agent of anthracnose of *Dendrobium nobile* in Mexico. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 42, n. 4, p. 514-519, 2020. <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1731711>

FIRMINO, A. L.; PEREIRA, O. L. *Lembosia bezerrae*, a new asterinaceous fungus associated with a terrestrial orchid from Bahia, Brazil. **Mycotaxon**, v. 127, n. 1, p. 199-205, 2014. <https://doi.org/10.5248/127.199>

GALDIANO, R. F.; VENDRAME, W. A.; MORETTO, C.; DE FARIA, R. T.; DE MACEDO LEMOS, E. G. Seed cryopreservation, *in vitro* propagation and *ex vitro* growth of *Cattleya walkeriana* Gardner, a vulnerable ornamental orchid. **Australian Journal Crop Science**, v.11, n.04, 485-490 p. 2017. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.04.384>

GANG, T.; LIU, Z.; FANG, L.; GAO, Y.; CAI, L. Endophytic *Colletotrichum* species from *Bletilla ochracea* (Orchidaceae), with descriptions of seven new speices. **FUNGAL DIVERSITY, FUNGAL DIVERSITY PRESS**, v. 61, n. 1, p. 2013-07, 2013.

GANTAIT, S.; DAS, A.; MITRA, M.; CHEN, J. T. Secondary metabolites in orchids: Biosynthesis, medicinal uses, and biotechnology. **South African Journal of Botany**, v. 139, p. 338-351, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.015>

GIRALDO, A.; CROUS, P. W. Inside Plectosphaerellaceae. **Studies in mycology**, v. 92, n. 1, p. 227-286, 2019.

GUALBERTO, G. F.; CATARINO, A. D. M.; SOUSA, T. F.; DA CRUZ, J. C.; HANADA, R. E., CANIATO; F. F., SILVA, G. F. *Pseudopestalotiopsis gilvanii* sp. nov. and *Neopestalotiopsis formicarum* leaves spot pathogens from guarana plant: a new threat to global tropical hosts. **Phytotaxa**, v. 489, n. 2, p. 121–139, 2021. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.489.2.2>

GUBA, E. F. Monograph of *Monochaetia* and *Pestalotia*. **Monograph of Monochaetia and Pestalotia**, 1961. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19621100376>. Acesso em: Junho de 2022.

GULLINO, M. L.; MINUTO, A.; GILARDI, G.; GARIBALDI, A. Efficacy of azoxystrobin and other strobilurins against *Fusarium* wilts of carnation, cyclamen and Paris daisy. **Crop Protection**, v. 21, n. 1, p. 57-61, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00066-7)

HERRERA, H.; VALADARES, R.; CONTRERAS, D.; BASHAN, Y.; ARRIAGADA, C. Mycorrhizal compatibility and symbiotic seed germination of orchids from the Coastal Range and Andes in south central Chile. **Mycorrhiza**, v. 27, n. 3, p. 175-188, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00572-016-0733-0>

HUANG, J. H.; SHI, Z. R.; ZHANG, Y. X.; XIANG, M. M. , First report of anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on *Cymbidium sinense* in China. **Plant Disease**, v. 96, n. 6, p. 915-915, 2012. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-11-1076-PDN>

HYDE, K. D.; CAI, L.; CANNON, P. F.; CROUCH, J. A.; CROUS, P. W.; DAMM, U.; GOODWIN, P. H.; CHEN, H.; JOHNSTON, P. R.; JONES, E. B. G.; LIU, Z. Y.; MCKENZIE, E. H. C.; MORIWAKI, J.; NOIREUNG, P.; PENNYCOOK, S. R.; PFENNING, L. H.; PRIHASTUTI, H.; SATO, T.; SHIVAS, R. G.; TAN, Y. P.; TAYLOR, P. W. J.; WEIR, B. S.; YANG, Y. L.; ZHANG, J. Z. *Colletotrichum* names in current use. **Fungal Divers**, v. 39, p.147–182, 2009.

IBRAFLORE - Instituto Brasileiro de Floricultura. **Números do Setor - Mercado Interno - 2021**. Disponível em: https://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php. Acesso em: Junho, 2022.

ICHIKAWA, K. Occurrence of dry rot on *Cymbidium* caused by *Fusarium solani*. **Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society** v.. 45. 1998.

ICHIKAWA, K.; AOKI, T. New leaf spot disease of *Cymbidium* species caused by *Fusarium subglutinans* and *Fusarium proliferatum*. **Journal of General Plant Pathology**, v. 66, n. 3, p. 213-218, 2000. <https://doi.org/10.1007/PL00012948>

ICHIKAWA, K., KAWASAKI, S., TANAKA, C., TSUDA, M. Induced resistance against *Fusarium* diseases of *Cymbidium* species by weakly virulent strain HPF-1 (*Fusarium* sp.). **Journal of general plant pathology**, v. 69, n. 6, p. 400-405, 2003. <https://doi.org/10.1007/s10327-003-0077-4>

JADRANE, I.; KORNIEVSKY, M.; DESJARDIN, D. E.; HE, Z-H.; CAI, L.; HYDE, K First report of flower anthracnose caused by *Colletotrichum karstii* in white *Phalaenopsis* orchids in the United States. **Plant Disease**, v. 96, n. 8, p. 1227-1227, 2012. <https://doi.org/10.1094/pdis-04-12-0360-pdn>

JAYAWARDENA, R. S.; HYDE, K. D.; DAMM, U.; CAI, L.; LIU, M.; LI, X. H.; ZHANG, W.; ZHAO, W. S.; YAN, J. Y. Notes on currently accepted species of *Colletotrichum*. **Mycosphere**, v.7, p.1192–1260, 2016. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/si/2c/9>

JAYAWARDENA, R. S.; HYDE, K. D.; CHEN, Y. J.; PAPP, V.; PALLA, B.; PAPP, D.; WANG, Y. One stop shop IV: taxonomic update with molecular phylogeny for important phytopathogenic genera. **Fungal Diversity**, v. 103, n. 1, p. 87-218, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13225-020-00460-8>

JAYAWARDENA, R. S., BHUNJUN, C. S., HYDE, K. D., GENTEKAKI, E., & ITTHAYAKORN, P. *Colletotrichum*: lifestyles, biology, morpho-species, species complexes and accepted species. **Mycosphere**, v. 12, n. 1, p. 519-669, 2021. <http://dx.doi.org/10.5943/mycosphere/12/1/7>

JEEWON, R.; LIEW, E. C.Y.; HYDE, K. D. Phylogenetic relationships of *Pestalotiopsis* and allied genera inferred from ribosomal DNA sequences and morphological characters. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 25, n. 3, p. 378-392, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1055-7903\(02\)00422-0](https://doi.org/10.1016/S1055-7903(02)00422-0)

JEEWON, R.; LIEW, E. C.; SIMPSON, J. A.; HODGKISS, I. J.; HYDE, K. D. Phylogenetic significance of morphological characters in the taxonomy of *Pestalotiopsis* species. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 27, n. 3, p. 372-383, 2003. [https://doi.org/10.1016/S1055-7903\(03\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00010-1)

JIANG, J.; ZHANG, K.; CHENG, S.; NIE, Q.; ZHOU, S. X.; CHEN, Q.; ZHOU, Y. *Fusarium oxysporum* KB-3 from *Bletilla striata*: an orchid mycorrhizal fungus. **Mycorrhiza**, v. 29, n. 5, p. 531-540, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00572-019-00904-3>

KADIR, N. A.; NAHER, L.; KAYAT, F.; SIDEK, N.; ZAIN, N. M.; ABU BAKAR, T. H. S. T. Morphological and molecular identification of *Fusarium* spp. and *Colletotrichum* spp. isolated from infected vanilla orchid. **Malaysian Journal of Microbiology**, 2021. <https://doi.org/10.21161/mjm.200846>

KANG, D.; KIM, J.; LEE, Y.; BALARAJU, K.; JEON, Y. First Report of Anthracnose of *Gossypium indicum* Caused by *Colletotrichum theobromicola* in Korea. **Plant Disease**, v. 106, n. 3, p. 1068, 2022. <https://doi.org/10.1094/pdis-07-21-1386-pdn>

KANLAYAVATTANAKUL, M.; LOURITH, N.; CHAIKUL, P. Biological activity and phytochemical profiles of *Dendrobium*: A new source for specialty cosmetic materials. **Industrial Crops and Products**, v. 120, p. 61-70, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.059>

KAWATE, M.; SEWAKE, K. T. Pest management strategic plan for potted orchid production in Hawaii. **College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Mānoa, Honolulu, Hawaii**. Recuperado de https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/pmsps/HI_orchid_PMSP.pdf, 2014.

KIM, W. G.; LEE, B. D.; CHO, W. D.; SUNG, J. M. Occurrence of Dry Rot on *Cymbidium* Orchids Caused by *Fusarium* sp. in Korea. **The Plant Pathology Journal**, v. 18, n. 3, p. 156-160, 2002. <https://doi.org/10.5423/PPJ.2002.18.3.156>

KIMATI, H; AMORIM, L; REZENDE, J. A. M; GERGAMIM FILHO, A; CAMARGO, L. E. A. Manual de Fitopatologia doenças das plantas cultivadas, Vol. 2. Quarta edição. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

KLEIN, E. H. S. **Levantamento e desenvolvimento de Kit diagnóstico de patógenos e propagação in vitro de orquídeas no estado do Rio de Janeiro**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008.

LATIFFAH, Z.; HAYATI, M. N.; BAHARUDDIN, S.; MAZIAH, Z. Identification and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with Root. **Asian Journal of Plant Pathology**, v. 3, n. 1, p. 14-21, 2009. <https://scialert.net/abstract/?doi=ajppaj.2009.14.21>

LAURENCE, M. H.; HOWARD, C.; SUMMERELL, B. A.; LIEW, E. C. Y. Identification of *Fusarium solani* f. sp. *phalaenopsis* in Australia. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 11, n. 1, p. 1-3, 2016. <https://doi.org/10.1007/s13314-016-0200-y>

LEE, S.; CROUS, P. W.; WINGFIELD, M. J. Pestalotioid fungi from Restionaceae in the Cape floral kingdom. **Studies in Mycology**, v. 68, n. 1, p. 211-235, 2011.

LEONHARDT, K.; SEWAKE, K. **Growing Dendrobium orchids in Hawaii: production and pest management guide**. University of Hawaii, 1999.

LESLIEY, B. A.; SUMMERELL, J. F. The *Fusarium* laboratory manual. 2006.

LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. *Fusarium* laboratory workshops-A recent history. **Mycotoxin Research**, v. 22, n. 2, p. 73, 2006.

LINS, S. R.O.; ABREU, M. S.; ALVES, E. Estudos histopatológicos de *Colletotrichum* spp. em plântulas de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 488-495, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000600006>

LIU, Y. N.; MAO, F. R.; ZHANG, H.; WANG, L. B.; *Colletotrichum cymbidiicola* causes leaf spot of *Cymbidium ensifolium* in Jilin Province, China. **Plant disease**, v. 102, n. 7, p. 1462, 2018.

LIU, F., MA, Z. Y., HOU, L. W., DIAO, Y. Z., WU, W. P., DAMM, U.; CAI, L. Updating species diversity of *Colletotrichum*, with a phylogenomic overview. **Studies in Mycology**, n. 101, p. 1-86, 2022. <https://doi.org/10.3114/sim.2022.101.01>

LUCKING, R.; AIME, M. C.; ROBBERTSE, B.; MILLER, A. N.; ARIYAWANSA, H. A.; AOKI, T.; CARDINALI, G.; CROUS, P. W.; DRUZHININA, I. S.; GEISER D. M.; HAWKSWORTH, D. L.; HYDE, K. D.; IRINY, L.; JEEWON, R.; JOHNSTON, P. R.; KIRK, P. M.; MALOSSO, E.; MAY, T. W.; MEYER, W.; OPIK, M.; ROBERT, V.; STADLER, M.; THINES, M.; VU, D.; YURKOV, A. M.; ZHANG, N.; SCHOCH, C. L. Unambiguous identification of fungi: where do we stand and how accurate and precise is fungal DNA barcoding?. **IMA Fungus**, v. 11, n. 14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00033-z>

MANTOVANI, C. **Manual de identificação das doenças das orquídeas**. 2013. Disponível em: <http://www.orquideasmantovani.com.br/download?arquivo=Doen%C3%A7as%20das%20Orqu%C3%ADdeas.pdf> . Acesso em: Agosto, 2021.

MAHARACHCHIKUMBURA, S. S.; HYDE, K. D.; GROENEWALD, J. Z.; XU, J.; CROUS, P. W. *Pestalotiopsis* revisited. **Studies in Mycology**, v. 79, n. 1, p. 121-186, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005>

MAHARACHCHIKUMBURA, S. S.; LARIGNON, P.; HYDE, K. D.; AL-SADI, A. M.; LIU, Z. Y. Characterization of *Neopestalotiopsis*, *Pestalotiopsis* and *Truncatella* species associated with grapevine trunk diseases in France. **Phytopathologia Mediterranea**, p. 380-390, 2016. http://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-18298

MAHARJAN, S.; THAKURI, L. S.; THAPA, B. B.; PRADHAN, S.; PANT, K. K.; JOSHI, G. P.; PANT, B. *In vitro* propagation of the endangered orchid *Dendrobium chryseum* Rolfe from protocorms culture. **Nepal Journal of Science and Technology**, v. 19, n. 1, p. 39-47, 2020. <http://dx.doi.org/10.3126/njst.v19i1.29737>

MAKETON, C.; TONGJIB, Y.; PATIPONG, T.; MEECHAREON, N.; RUNGRATANAUBON, T.; MAKETON, M. Greenhouse evaluations of harpin protein and microbial fungicides in controlling *Curvularia lunata*, *Fusarium moniliforme*, and *Phytophthora palmivora*, major causes of orchid diseases in Thailand. **Life Sci J**, v. 12, p. 125-132, 2015.

MARIN-FELIX Y, GROENEWALD JZ, CAI L, CHEN Q, MARINCOWITZ S, BARNES I, BENSCH K, BRAUN U, CAMPORESI E, DAMM U, DE BEER ZW, DISSANAYAKE A, EDWARDS J, GIRALDO A, HERNANDEZ-RESTREPO M, HYDE KG, JAYAWARDENA RS, LOMBARD L, LUANGSARD J, MCTAGGART AR, ROSSMAN AY, SANDOVAL-DENIS M, SHEN M, SHIVAS RG, TAN YP, VAN DER LINDE EJ, WINGFIELD MJ, WOOD AT, ZHANG JQ, ZHANG Y, CROUS PW. Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 1. **Studies in Mycology**, v. 86, p.99–216, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.04.002>

MARTÍN-MEX, R. O. D. O. L. F. O., CAUICH-REJÓN, J. A., Montejo-Canul, E., & RAMAYO, A. Q. Hongos fitopatógenos asociados a enfermedades en orquídeas cultivadas en la península de Yucatán R. **Desde el Herbario CICY**, v. 208, n. 9, p. 203-208, 2017.

MEERA, T. M.; LOUIS, Vimi; BEENA, S. Diseases of Phalaenopsis: Symptoms, etiology and management. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 5, n. 2, p. 296-300, 2016.

MEMÓRIAS DO INSTITUTO DE BOTÂNICA. **Orquidário do Estado de São Paulo. Laboratório de Taxonomia.** Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/orquidario/orquidario-do-estado-laboratorio-de-taxonomia/>>. Acesso: Outubro, 2022.

MOHD, M. H. First report of *Fusarium sacchari* causing leaf blotch of orchid (*Dendrobium antennatum*) in Malaysia. **Crop Protection**, v. 143, p. 105-559, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105559>

MORALES-RODRÍGUEZ, C.; DALLA VALLE, M.; ALEANDRI, M.; VANNINI, A. *Pestalotiopsis biciliata*, a new leaf pathogen of *Eucalyptus* spp. recorded in Italy. **Forest Pathology**, v. 49, n. 2, p. e12492, 2019. <https://doi.org/10.1111/efp.12492>

MOON, H.; PARK, H. J.; JEONG, A. R.; HAN, S. W.; PARK, C. J. Isolation and identification of *Burkholderia gladioli* on *Cymbidium* orchids in Korea. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 31, n. 2, p. 280-288, 2017. <https://doi.org/10.1080/13102818.2016.1268069>

NAG RAJ, T. R. Redisposals and redescriptions in the *Monochaetia-Seiridium*, *Pestalotia-Pestalotiopsis* complexes. II. *Pestalotiopsis besseyii* (Guba) comb. nov. and *Pestalosphaeria varia* sp. nov. **Mycotaxon (USA)**, v. 52, n. 1, P. 52-63, 1985.

NAG RAJ, T. R. Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia. **Mycologue publications**, 1993.

O'DONNELL, K.; SUTTON, D. A.; RINALDI, M. G.; SARVER, B. A.; BALAJEE, S. A.; SCHROERS, H. J.; GEISER, D. M. Internet-accessible DNA sequence database for identifying fusaria from human and animal infections. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 48, n. 10, p. 3708-3718, 2010. <https://doi.org/10.1128/jcm.00989-10>

O'DONNELL, K.; WARD, T. J.; ROBERT, V. A.; CROUS, P. W.; GEISER, D. M.; KANG, S. DNA sequence-based identification of *Fusarium*: current status and future directions. **Phytoparasitica**, v. 43, n. 5, p. 583-595, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12600-015-0484-z>

O'DONNELL, K.; WHITAKER, B. K.; LARABA, I.; PROCTOR, R. H.; BROWN, D. W.; BRODERS, K.; GEISER, D. M. DNA sequence-based identification of *Fusarium*: A work in progress. **Plant Disease**, v. 106, n.6, p. 1597-1609, 2022. <https://doi.org/10.1094/pdis-09-21-2035-sr>

OKELLO, P. N.; PETROVIC, K.; SINGH, A. K.; KONTZ, B.; MATHEW, F. M. Characterization of species of *Fusarium* causing root rot of Soybean (*Glycine max* L.) in South Dakota, USA. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 42, n. 4, p. 560-571, 2020. <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1746695>

OLIVEIRA, L.F.M. ; OLIVEIRA, L. F. M.; FEIJÓ, F. M.; MENDES, A. L. S. F.; NETO, J. D. V.; NETTO, M. S. B.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. A. Identification of *Colletotrichum* species associated with brown spot of cactus prickly pear in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.43, n. 3, p.247–253, jun. 2018. <https://doi.org/10.1007/s40858-018-0215-3>

PARK, J.-H.; SEO, S.-T. First report of anthracnose of smoothlip cymbidium (*Cymbidium kanran*) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in Korea. **Plant Disease**, v. 97, n. 7, p. 997-997, 2013. <https://doi.org/10.1094/pdis-12-12-1167-pdn>

- PARK, M.J.; BACK, C.G.; PARK, H. *Colletotrichum cymbidiicola* Causing Anthracnose on *Cymbidium* Orchids in Korea. **Mycobiology**, v. 48, n. 4, p. 321-325, 2020. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1768626>
- PEDROSO-DE-MORAES, C.; SOUZA, M. C. D.; RONCONI, C. C.; MARTELINE, M. A. Response of *Cattleya* hybrids for *Fusarium oxysporum* f. sp. *cattleyae* Foster. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, p. 267-271, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000200007>
- PERFECT, S. E.; GREEN, J. R. Infection structures of biotrophic and hemibiotrophic fungal plant pathogens. **Molecular plant pathology**, v. 2, n. 2, p. 101-108, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2001.00055.x>
- PORNSURIYA, C.; CHAIRIN, T.; THAOCHAN, N.; SUNPAPAO, A. Identification and characterization of *Neopestalotiopsis* fungi associated with a novel leaf fall disease of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in Thailand. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 7-8, p. 416-427, 2020. <https://doi.org/10.1111/jph.12906>
- PRASANATH, K.; SHIVAS, R. G.; GALEA, V. J.; AKINSANMI, O. A. *Neopestalotiopsis* species associated with flower diseases of *Macadamia integrifolia* in Australia. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 9, p. 771, 2021. <https://doi.org/10.3390/jof7090771>
- PRIDGEON, A.; MORRISON, A. The illustrated encyclopedia of orchids: over 1100 species illustrated and identified, v. 1. 2005.
- PUTZKE, J.; PUTZKE, M. T. L. **Os Reinos dos Fungos**. 2. ed. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 491 p. 2002.
- QIN, Q.; LU, Z.; LU, Z.; DING, L.; CHI, Z.; SHAN, B. First Report of Leaf Spot on *Paphiopedilum micranthum* Caused by *Neopestalotiopsis saprophytica* in China. **Plant Disease**, v. 104, n. 10, p. 2738-2738, 2020. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-20-0275-PDN>
- RÉBLOVÁ, M.; GAMS, W.; SEIFERT, K. A. Monilochaetes and allied genera of the *Glomerellales*, and a reconsideration of families in the Microascales. **Studies in Mycology**, v. 68, p. 163-191, mar. 2011. <https://doi.org/10.3114%2Fsim.2011.68.07>
- REIS, J. N. P. **Cultivo de orquídeas: uma opção à agricultura familiar?** In: encontro da sociedade brasileira da economia ecológica, 9, 2011, Brasília. Anais do IX encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica – ECOECO2. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica-ECOECO, 2011.
- RIOLO, M.; ALOI, F.; PANE, A.; CARA, M.; CACCIOLA, S. O. Twig and shoot dieback of citrus, a new disease caused by *Colletotrichum* species. **Cells**, v. 10, n. 2, p. 449, 2021. <https://doi.org/10.3390/cells10020449>
- RODRIGUES, V. T. **Orchidaceae Juss. aspectos morfológicos e taxonômicos**. 2011. Instituto de Botânica de São Paulo. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/293970990/Orchidaceae-Juss-Aspectos-Morfologicos-e-Taxonomicos>. Acesso: Agosto, 2021.

RODRÍGUEZ-GÁLVEZ, E.; HILÁRIO, S.; LOPES, A.; ALVES, A.; Diversity and pathogenicity of *Lasioidiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. **European journal of plant pathology**, v. 157, n. 1, p. 89-102, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01983-1>

SACCARDO, P. A.; SACCARDO, D. Supplementum universale. **Pars VII. Discomycetae-Deuteromycatae. Sylloge Fungorum**, v. 18, p. 1-838, 1906.

SANTIAGO, M. F.; SANTOS, A. M.; INÁCIO, C. P.; LIRA NETO, A. C.; ASSIS, T. C.; NEVES, R. P.; LARANJEIRA, D. First report of *Fusarium lacertarum* causing cladode rot in *Nopalea cochenellifera* in Brazil. **Journal of Plant Pathology**, v. 100, n. 3, p. 611-611, 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s42161-018-0120-0>

SANTOS, C. D. dos. **Fungos e oomiceto associados a espécies nativas e cultivadas de orquídeas no sul da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2012.

SANTOS, C.; SILVA, R.; CANDEIAS, E.; VITORIA, N.; LUZ, E.; BEZERRA, J. Diversidade de fungos em espécies nativas e cultivadas de orquídeas no sul da Bahia. **Agrotrópica (Itabuna)**. v. 30, n. 2, p. 101-108, 2018. [10.21757/0103-3816.2018v30n2p101-108](https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n2p101-108).

SCHIEBOLD, J. M. I.; BIDARTONDO, M. I.; LENHARD, F.; MAKIOLA, A.; GEBAUER, G. Exploiting mycorrhizas in broad daylight: partial mycoheterotrophy is a common nutritional strategy in meadow orchids. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 1, p. 168-178, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12831>

SCHWEIGER, J. M. I.; BIDARTONDO, M. I.; GEBAUER, G. Stable isotope signatures of underground seedlings reveal the organic matter gained by adult orchids from mycorrhizal fungi. **Functional Ecology**, v. 32, n. 4, p. 870-881, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13042>

SHAKIRAH, A. R. H.; M. H. MOHD. First report of *Fusarium sacchari* causing leaf blotch of orchid (*Dendrobium antennatum*) in Malaysia. **Crop Protection**, v. 143, p. 105-559, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105559>

SHARMA, G.; PINNAKA, A. K.; SHENOY, B. D. ITS-based diversity of *Colletotrichum* from India. **Current Research in Environmental & Applied Mycology**, v. 3, n. 2, p. 194–220, 2013. <http://dx.doi.org/10.5943/cream/3/2/3>

SHAO, S. C.; WANG, Q. X.; BENG, K. C.; ZHAO, D. K.; JACQUEMYN, H. Fungi isolated from host protocorms accelerate symbiotic seed germination in an endangered orchid species (*Dendrobium chrysotoxum*) from southern China. **Mycorrhiza**, v. 30, n. 4, p. 529-539, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00964-w>

SHARMA, G.; PINNAKA, A. K.; SHENOY, B. D. Resolving the *Colletotrichum siamens* species complex using *ApMat* marker. **Fungal Divers**, v. 71, p. 247-264, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13225-014-0312-7>

SHIRAKI, J. N.; DIAZ, E. M. **Orquídeas**. São Paulo: Secretaria do verde e do meio ambiente. 175 p., 2012.

SHU, J.; YU, Z.; SUN, W.; ZHAO, J.; LI, Q.; TANG, L.; LUO, S. Identification and characterization of pestalotioid fungi causing leaf spots on mango in southern China. **Plant disease**, v. 104, n. 4, p. 1207-1213, 2020. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0438-RE>

SILVA, M.; PEREIRA, O. L.; BRAGA, I. F.; LELIS, S. M. Leaf and pseudobulb diseases on *Bifrenaria harrisoniae* (Orchidaceae) caused by *Phyllosticta capitalensis* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 3, n. 1, p. 53-56, 2008.10.1007/BF03211238.

SILVA D. N.; TALHINHAS. P.; VARZEA V.; CAI L.; PAULO O. S. Batista D Application of the *Apn2/MAT* locus to improve the systematics of the *Colletotrichum gloeosporioides* complex: an example from coffee (*Coffea* spp.) hosts. **Mycologia**, v. 104, p.396–409, 2012. <https://doi.org/10.3852/11-145>

SILVA-CABRAL, J. R. A.; DA SILVA, J. L.; SOARES, L. D. S.; COSTA, J. F. O.; AMORIM, E. D. R.; LIMA, G. D. A.; ASSUNÇÃO, I. P. First report of *Colletotrichum fruticola* and *C. tropicale* causing anthracnose on orchids in Brazil. **Plant Disease**, v. 103, n. 10, p. 2672-2672. 2019. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0518-PDN>

SILVA, A. L.; SALCEDO-SARMIENTO, S.; MANSUR, P. S. C.; BARRETO, R. W. *Colletotrichum karstii* causes anthracnose on the orchid *Cattleya walkeriana* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 16, n. 1, p. 1-4, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13314-021-00431-1>

SOUSA, E. M. R. **Fungos causadores de doenças em orquídeas**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas- Ba. 2010.

SRIVASTAVA, S.; KADOOKA, C.; UCHIDA, J. Y. *Fusarium* species as pathogen on orchids. **Microbiological research**, v. 207, p. 188-195, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.12.002>

STEYAERT, R. L. Contribution à l'étude monographique de *Pestalotia* de Not. et *Monochaetia* Sacc. (*Truncatella* gen. nov. et *Pestalotiopsis* gen. nov.). **Bulletin du Jardin botanique de l'Etat, Bruxelles**, v. 19, n. 3, p. 285-354, 1949. <https://doi.org/10.2307/3666710>

STEYAERT, R. L. Type specimens of Spegazzini's collections in the *Pestalotiopsis* and related genera (Fungi-Imperfecti; Melanconiales). **Darwiniana**, v. 12, n. 2, p. 157-189, 1961. <https://www.jstor.org/stable/23213061>

STEYAERT, R. L. Complementary informations concerning *Pestalotiopsis guepini* (Desmazieres) Steyaert and designation of its lectotype. **Bulletin du Jardin botanique de l'État a Bruxelles**, v. 33, n. Fasc. 3, p. 369-373, 1963. <https://doi.org/10.2307/3667200>

SUDHA D. R.; RANI G. U. Detection, diagnosis of orchid virus and inactivation of cymbidium mosaic virus (CYMV) on plants. **International Journal of Plant Sciences (Muzaffarnagar)**, v. 11, n. 2, p. 302-306, 2016. 10.15740/has/ijps/11.2/302-306

SUMMERELL, B. A.; SALLEH, B.; LESLIE, J. F. A utilitarian approach to *Fusarium* identification. **Plant disease**, v. 87, n. 2, p. 117-128, 2003. <https://doi.org/10.1094/pdis.2003.87.2.117>

SUMMERELL, B. A. Resolving *Fusarium*: current status of the genus. **Annual Review of Phytopathology**, v. 57, p. 323-339, 2019. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082718-100204>

SUTTON, B.C. **The Coelomycetes**: Fungi imperfecti with pycnidia acervuli and stromata. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1980.696p.

SUWANNARACH, N.; KUMLA, J.; LUMYONG, S. Leaf spot on *cattleya* orchid caused by *Neoscytalidium orchidacearum* in Thailand. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 40, n. 1, p. 109-114, 2018. <https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1414882>

SUZUKI, R. M. **Breve análise sobre o comércio exterior de orquídeas no Brasil**. Instituto de Botânica – São Paulo, 21ª Reunião Anual do Instituto de Botânica, p. 1-4, 2014.

SWETT, C. S.; UCHIDA, J. Y. Characterization of *Fusarium* diseases on commercially grown orchids in Hawaii. **Plant Pathology**, v. 64, n. 3, p. 648-654, 2015. <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.12290>

TALHINHAS, P.; BARONCELLI, R. *Colletotrichum* species and complexes: Geographic distribution, host range and conservation status. **Fungal Diversity**, v. 110, n. 1, p. 109-198, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s13225-021-00491-9>

TALUBNAK, C.; SOYTONG, K. Biological control of *Vanilla* anthracnose using *Emericella nidulans*. **Journal of Agricultural Technology**, v. 6, n. 1, p. 47-55, 2010.

TEOH, E. S. **Orchids as aphrodisiac, medicine or food**. Springer Cham, ed. 1, 376 p., 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18255-7>

THAMMASIRI, K. Thai orchid genetic resources and their improvement. **Horticulturae**, v. 2, n. 3, p. 9, 2016.

TONG, C. G.; WU, F. H.; YUAN, Y. H.; CHEN, Y. R.; LIN, C. S. High-efficiency CRISPR/Cas-based editing of Phalaenopsis orchid MADS genes. **Plant biotechnology journal**, v. 18, n. 4, p. 889, 2020. [10.1111/pbi.13264](https://doi.org/10.1111/pbi.13264)

TORRES-CRUZ, T. J.; WHITAKER, B. K.; PROCTOR, R. H.; BRODERS, K.; LARABA, I.; KIM, H. S.; GEISER, D. M. FUSARIUM-ID v. 3.0: an updated, downloadable resource for *Fusarium* species identification. **Plant Disease**, p. PDIS-09-21-2105-SR, 2022. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-09-21-2105-SR>

TROTTER, A.; CASH, E. K. Sylloge Fungorum 26. **Johnson Reprint Corporation, USA, New York & UK, London**, p. 1-1563, 1972.

TUAN, N. H.; AVERYANOV, L. V. Two endangered ornamental orchid species, *Bulbophyllum cowniorum* and *Esmeralda bella* (Orchidaceae), new in the flora of Vietnam. **Turczaninowia**, v. 20, n. 1, p. 68-74, 2017. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.20.1.5>

VIEIRA, S. W. A.; BEZERRA, P. A.; SILVA, A. C.; VELOSO, J. S.; CÂMARA, M. P. S.; DOYLE, V. P. Optimal markers for the identification of *Colletotrichum* species. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 143, p. 106694, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106694>

VON ARX, J. A. **Revision der zu *Gloeosporium* gestellten Pilze**. Amsterdam: N. V. Noord-Hollandsche Uitgevers Maatschappij, 1957. 157p.

VUJANOVIC, V.; ST-ARNAUD, M.; BARABÉ, D.; THIBEAULT, G. Viability testing of orchid seed and the promotion of colouration and germination. **Annals of Botany**, v. 86, n. 1, p. 79-86, 2000. <http://dx.doi.org/10.1006/anbo.2000.1162>

WACULICZ-ANDRADE, C. E.; SAVI, D. C.; BINI, A. P.; ADAMOSKI, D.; GOULIN, E. H.; SILVA J. R.; G. J.; MASSOLA J. R.; N. S.; TERASAWA, L. G.; KAVA, V.; GLIENKE, C. *Colletotrichum gloeosporioides* sensu stricto: an endophytic species or citrus pathogen in Brazil? **Australasian Plant Pathology**, v. 46, n. 2, p. 191-203, 2017. <https://doi.org/10.1007/s13313-017-0476-1>

WANG, Y.; RAN, S. F.; MAHARACHCHIKUMBURA, S. S.; AL-SADI, A. M.; HYDE, K. D.; WANG, H. L.; WANG, Y. X. A novel *Pestalotiopsis* species isolated from *Bulbophyllum thouars* in Guangxi province, China. **Phytotax**, v. 306, n. 1, p. 96-100, 2017.

WEDGE, D. E.; ELMER, W. H. *Fusarium* wilt of orchids. **Icogo Bull**, v. 2, n. 3, p. 9-10, 2008.

WEIR, B. S.; JOHNSTON, P. R.; DAMM, U. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. **Studies in Mycology**, v. 73, p.115-180, 2012. <https://doi.org/10.3114/sim0011>

Word Flora Online. **Orchidaceae**. Disponível em: <<http://www.worldfloraonline.org/search?query=Orchidaceae>>. Acesso: Outubro, 2022.

XU, H. J.; ZHOU, R. J.; FU, J. F.; ZHAO, J. F.; LIU, L. First Report of anthracnose on *Arctium lappa* caused by *Colletotrichum orchidearum* in China. **Plant Disease**, v. 100, n. 5, p. 1010-1010, 2016. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0945-PDN>

XU, Z.; WU, X.; LI, G.; FENG, Z.; XU, J. Pestalotiopsisin B, a new isocoumarin derivative from the mangrove endophytic fungus *Pestalotiopsis* sp. HHL101. **Natural product research**, v. 34, n. 7, p. 1002-1007, 2020. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1539980>

YOULIAN, Y.; CAI, L.; YU, Z.; LIU, Z.; HYDE, K. D. *Colletotrichum* species on Orchidaceae in southwest China. **Cryptogamie, Mycologie**, v. 32, n. 3, p. 229-253, 2011. <https://doi.org/10.7872/crym.v32.iss3.2011.229>

ZAKARIA, L.; ZAIN, N. H. M.; SALLEH, B.; ZAKARIA, M. Morphological and RAPD analysis of *Fusarium* species associated with root and stem rot of *Dendrobium* orchid in Northern Peninsula Malaysia. **HAYATI Journal of Biosciences**, v. 16, n. 2, p. 64-68, 2009. <http://dx.doi.org/10.4308/hjb.16.2.64>

ZHAI, J. W.; ZHANG, G. Q.; CHEN, L. J.; XIAO, X. J.; LIU, K. W.; TSAI, W. C.; LIU, Z. J. A new Orchid genus, *Danxiaorchis*, and phylogenetic analysis of the tribe *Calypsoeae*. **Plos One**, v. 8, n. 4, 2013. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0060371>.

ZHOU, J.; LI, G.; DENG, Q.; ZHENG, D.; YANG, X.; XU, J. Cytotoxic constituents from the mangrove endophytic *Pestalotiopsis* sp. induce G0/G1 cell cycle arrest and apoptosis in human cancer cells. **Natural product research**, v. 32, n. 24, p. 2968-2972, 2018.

PAPEL DOS TUTORES NAS PERSPECTIVAS DOS ACADÊMICOS DO CURSO DE FÍSICA (MODALIDADE A DISTÂNCIA) DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ/PR

Data de aceite: 01/12/2022

Glécilla Colombelli de Souza Nunes

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0315-717X>

Carolina da Silva Gonçalves

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6453-7398>

Karina Midori Endo

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3407-2945>

Lilian Felipe da Silva Tupan

Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Centro Universitário Ingá, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6766-1845>

Luciano Gonsalves Costa

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

RESUMO: O papel dos tutores no ensino a distância é fundamental para o bom desempenho dos estudantes, e inclusive, pode influenciar na permanência do acadêmico no curso. Os tutores presenciais têm a atribuição direcionada mais para o acolhimento e a motivação dos alunos, enquanto o tutor à distância contribui com seus *feedbacks* nos prazos estipulados, visando não desmotivar os estudantes.

Com o objetivo de compreender e contribuir para aprimorar o papel dos tutores no ensino a distância, particularmente, no curso de Física a distância da Universidade Estadual de Maringá (UEM), foi aplicado um questionário aos acadêmicos ingressos no primeiro semestre do curso, a fim de realizar um levantamento de informações, em especial, sobre o perfil acadêmico e as perspectivas/expectativas dos estudantes quanto às funções dos tutores a distância e presencial no decorrer da sua formação acadêmica. De forma geral, observou-se que os acadêmicos entrevistados têm como expectativas sobre os tutores que estes os auxiliem na resolução de exercícios e também no esclarecimento de dúvidas quanto ao curso. Além disso, os alunos esperam compartilhar experiências profissionais e acadêmicas com os tutores, visto que a maioria já possui uma graduação, entretanto, na modalidade presencial. Também foi constatado que os alunos ainda não possuem discernimento com relação à diferença dos tutores a distância e presencial.

PALAVRAS-CHAVE: Física. Ensino a distância. Tutor.

ROLE OF TUTORS IN THE PERSPECTIVES OF STUDENTS OF THE PHYSICS COURSE (DISTANCE MODALITY) AT THE STATE UNIVERSITY OF MARINGÁ/ PR

ABSTRACT: The role of tutors in distance learning is fundamental for the good performance of students, and may even influence the permanence of the academic in the course. The tutors in-person assignments are more focused on welcoming and motivating students, while the distance tutor contributes with his feedbacks within the stipulated deadlines, aiming not to demotivate students. With the objective of understanding and contributing to improve the role of tutors in distance learning, particularly in the distance Physics course at State University of Maringá (UEM), a questionnaire was applied to academics in the first semester of the course, in order to carry out a survey of information, in particular, on the academic profile and the perspectives/expectations of the students regarding the functions of distance and face-to-face tutors during their academic training. In a way In general, it was observed that the interviewed academics have as expectations about the tutors that they help them in solving exercises and also in clarifying doubts about the course. In addition, students expect to share professional experiences and with the tutors, since most of them already have a degree, however, in the face-to-face modality. It was also found that students still do not have discernment regarding the difference between distance and in-person tutors.

KEYWORDS: Physics. Distance learning. Tutor.

1 | INTRODUÇÃO

Desde a década de 90 a educação a distância vem ganhando destaque entre as modalidades destinadas à formação acadêmica do ensino superior, sendo definida pelo Decreto nº 9.057 Art. 1º, de maio de 2017:

[...] considera-se Educação a Distância a modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorra com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com pessoal qualificado, com políticas de acesso, com acompanhamento e avaliação compatíveis, entre outros, e desenvolvam atividades educativas por estudantes e profissionais da educação que estejam em lugares e tempos diversos.

Nota-se a partir desta definição que a educação a distância depende da comunicação dos sujeitos com os meios e as tecnologias de informação e comunicação, sendo esta a base para o processo de ensino e aprendizagem, valorização das interações, além disso, a educação a distância busca oportunizar a todos que dela necessitam (BRITO et al., 2019).

Com o intuito de ampliar e interiorizar a oferta de cursos e programas de educação superior foi criado pelo Ministério da Educação (MEC) em 2005 o programa Universidade Aberta do Brasil (UAB). Este programa é regulamentado pelo Decreto no 5.800, de 8 de junho de 2006, sendo constituído a partir de uma parceria dos três níveis governamentais, isto é, Federal, Estadual e Municipal, com as Instituições de Ensino Superior, tendo como objetivos (BRASIL, Decreto nº 5.800, Art 1º, 2006):

- I - oferecer, prioritariamente, cursos de licenciatura e de formação inicial e continuada de professores da educação básica;
- II - oferecer cursos superiores para capacitação de dirigentes, gestores e trabalhadores em educação básica dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios;
- III - oferecer cursos superiores nas diferentes áreas do conhecimento;
- IV - ampliar o acesso à educação superior pública;
- V - reduzir as desigualdades de oferta de ensino superior entre as diferentes regiões do País;
- VI - estabelecer amplo sistema nacional de educação superior a distância; e
- VII - fomentar o desenvolvimento institucional para a modalidade de educação a distância, bem como a pesquisa em metodologias inovadoras de ensino superior apoiadas em tecnologias de informação e comunicação.

Portanto, o sistema UAB tem como prioridade desenvolver a educação a distância e expandir e interiorizar a oferta de cursos e programas de educação superior no Brasil e como meta contribuir para a Política Nacional de Formação de Professores.

Os cursos da UAB são coordenados por Instituições Públicas de Ensino e são ofertados em Polos Presenciais distribuídos em todo o Brasil. E, de acordo com o Decreto nº 5.800, de 8 de junho de 2006, os Polos Presenciais, “deverão dispor de infraestrutura e recursos humanos adequados às fases presenciais dos cursos e programas do Sistema UAB” e atuar como uma “unidade operacional para o desenvolvimento descentralizado de atividades pedagógicas e administrativas relativas aos cursos e programas ofertados a distância pelas instituições públicas de ensino superior”. Portanto, nos Polos os acadêmicos devem ter acesso a bibliotecas, serem atendidos pelos tutores, poderão assistir aulas e também devem ter à sua disposição um laboratório de informática com recursos tecnológicos, tal com o uso da Internet.

As disciplinas dos cursos ofertados são coordenadas pelos professores das Universidades em colaboração com tutores presenciais e a distância, cujas funções variam de acordo com o curso e Instituição de ensino.

Para organizar os cursos de educação a distância e manter os padrões de qualidade de ensino exigidos pelo MEC, há um órgão específico inserido no interior da instituição, de modo a fornecer suporte à gestão dos cursos, chamado Núcleo de Educação a Distância (NEAD).

O NEAD é composto por diversos setores sendo eles: a Diretoria Geral, Divisão de Tecnologia de Informação e de Comunicação, Divisão de Tutoria e Capacitação, Divisão de Desenvolvimento Pedagógico, Divisão de Ambientes e Mídias para Aprendizagem e Secretaria. Cada um desses setores tem suas funções bem definidas. Aliás, a atuação dos profissionais nas instituições sede e nos polos de apoio presencial, como os coordenadores de polos e curso, os tutores a distância e presencial e os professores, possuem papel

fundamental para o bom andamento dos cursos a distância.

Em especial, os tutores a distância e presencial possuem um papel primordial na educação a distância, pois são a conexão entre o professor e a universidade. Pode-se dizer que os tutores são os agentes facilitadores do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, a relação do tutor com os alunos colabora para estimular nos estudantes a motivação e a permanência no curso. Um tutor que acolhe os alunos, incentiva-os e que os auxilia nos estudos, seja elucidando dúvidas das disciplinas e/ou administrativas ou auxiliando o discente na organização dos estudos, contribui também com a redução da evasão nos cursos a distância (SONNENSTRAHI, T. S, BERNARDI, G., PERTILE, S., 2021; VIEIRA, et al.; 2020).

Em 2017 a Diretoria de Educação a Distância da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (DED/CAPES) aplicou um questionário em escala nacional com o objetivo de obter informações adicionais a respeito da percepção da qualidade dos cursos e o grau de expectativa dos estudantes que ingressaram no Sistema UAB (CAPES, 2017).

No questionário supracitado haviam perguntas relacionadas aos tutores e uma delas questionava os participantes sobre a interação com os tutores via Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e 52,3% dos entrevistados indicaram que houve interação de maneira boa ou regular com os tutores, porém havia necessidade de melhorar, 37% apontaram ter sido ótima, com regularidade e aproveitamento e para 5,5% dos entrevistados, a interação com os tutores foi ruim/péssima. A pesquisa também apontou as principais insatisfações dos discentes no processo de tutoria via AVA, bem como a relação do tempo e qualidade de resposta dos tutores nesses ambientes, a forma de interação e de cobranças dos tutores. Outro questionamento se referia aos discentes relacionado aos fatores que poderiam promover ou que contribuíram para a desistência do curso e 19,5% disseram que foi a interação com a tutoria (CAPES, 2017).

Diante do exposto, com o intuito de estudar e aprimorar o papel dos tutores no ensino a distância, em especial, no curso de Física a distância da Universidade Estadual de Maringá (UEM), que é uma instituição *dual mode*, isto é, oferece cursos de graduação e de pós-graduação, tanto na modalidade presencial quanto a distância, e integra o sistema UAB, foi aplicado um questionário aos acadêmicos com o objetivo de realizar um levantamento de informações sobre o perfil acadêmico dos alunos e das perspectivas dos alunos ingressantes no curso de Física a distância da UEM, no que se refere ao papel dos tutores a distância e presencial no decorrer da sua formação acadêmica.

Portanto, a intenção deste trabalho é a de que um estudo aprofundado de um caso, isto é, da relação entre tutores e acadêmicos do Ensino a Distância (EAD) do curso de Física na UEM, possa servir de inspiração para outros trabalhos e contribuir para aprimorar essa relação tão importante para um EAD de qualidade.

2 | O TUTOR NA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL

De acordo com a Resolução nº 26 de 05 de junho de 2009 que trata do Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB) o tutor deverá ter formação de nível superior e experiência mínima de um ano no magistério do ensino básico ou superior, ou ainda, ter formação pós-graduada, ou estar vinculado a um programa de Pós-Graduação. É de competência das Instituições Públicas de Ensino Superior (IPES) selecionar, via processo seletivo, os tutores, assim como determinar as atividades que os mesmos devem desenvolver para a execução dos Projetos Políticos Pedagógicos com as especificidades das áreas e cursos em que irão atuar (BRASIL, 2009).

Ainda de acordo com o anexo I (Manual de atribuições dos Bolsistas) da Resolução supracitada (BRASIL, 2009) as atribuições dos tutores são:

- mediar a comunicação de conteúdos entre o professor e os cursistas;
- acompanhar as atividades discentes, conforme o cronograma do curso;
- apoiar o professor da disciplina no desenvolvimento das atividades docentes;
- manter regularidade de acesso ao AVA e dar retorno às solicitações do cursista no prazo máximo de 24 horas;
- estabelecer contato permanente com os alunos e mediar as atividades discentes;
- colaborar com a coordenação do curso na avaliação dos estudantes;
- participar das atividades de capacitação e atualização promovidas pela Instituição de Ensino; elaborar relatórios mensais de acompanhamento dos alunos e encaminhar à coordenação de tutoria;
- participar do processo de avaliação da disciplina sob orientação do professor responsável; apoiar operacionalmente a coordenação do curso nas atividades presenciais nos pólos, em especial, na aplicação de avaliações.

Além dessas atribuições os tutores também desempenham um papel social, pois são responsáveis por atividades, como: contato inicial com a turma, incentivar a apresentação dos alunos, enviar mensagens, seja de agradecimento ou incentivo para que o aluno permaneça no curso, e até mesmo para entender as razões do aluno não acessar o AVA, entre outras. Portanto, o tutor deve possuir algumas competências e habilidades para desenvolver as suas atividades (MATTAR, J. et al., 2020).

No ensino a distância há os tutores que atuam no ensino de forma presencial e aqueles atuantes na modalidade a distância (*on-line*). O tutor presencial trabalha em diferentes frentes do processo de aprendizagem, sempre com o objetivo de reduzir a distância entre o virtual e o presencial e integrar os discentes ao processo educacional. Ele procurará conhecer os alunos que possuem maior dificuldade para auxílio e acompanhamento. Por esses motivos, os tutores presenciais devem criar uma relação harmoniosa para que os

estudantes se sintam à vontade para tirarem dúvidas, evitando o processo de evasão. Já os tutores a distância têm como função promover a mediação entre o docente, o aluno e o conteúdo. Além disso, ele deve acessar o ambiente de aprendizagem todos os dias úteis, pois a rapidez do tutor a distância em procurar solucionar as demandas do aluno, motiva-o na busca do aprendizado, e a não desistir do curso, evitando a evasão do mesmo (SONNENSTRAHL, T. S, BERNARDI, G., PERTILE, S., 2021; VIEIRA, et al.; 2020).

A diferença entre o tutor presencial e o tutor a distância é o modo de acesso ao AVA. O tutor a distância cria vínculos através dos meios tecnológicos, ou seja, via correio eletrônico, fórum, salas de discussões, entre outros. Já o tutor presencial gera vínculos através dos encontros presenciais. Desta forma, ambos são fundamentais para que o acadêmico não se sinta desamparado durante sua formação acadêmica.

3 | METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de caráter quantitativo - qualitativo, pois quantifica os dados apresentados em percentuais (ESTRELA, 2018; PEREIRA et al., 2018) e também os analisa sob aspectos relacionados às perspectivas dos alunos quanto ao papel do tutor na sua formação pedagógica.

Para fundamentar este estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando as plataformas do Google Acadêmico e o portal de periódicos da Capes. A literatura científica foi selecionada com o emprego de símbolos de truncagem e os operadores booleanos (AND e OR), conforme segue: “ensino à distância”, “ensino à distância” AND “tutor(es)”, “ensino à distância” OR “tutor(es)”, “EAD” AND “tutor(es)”, “EAD” OR “tutor(es)”, “competências dos tutores EAD”, “tutores” OR “competências” e “tutores” AND “competências”. Após a escolha dos portais de pesquisa e das palavras-chaves, foi feito um levantamento com a seleção de artigos no período de 2012 a 2022.

De acordo com a pesquisa, iniciou-se a leitura dos títulos, sendo selecionados somente os artigos científicos que tivessem relação com a temática, isto é, que discutem sobre o ensino a distância, refletem sobre a questão das competências dos tutores e da relação dos tutores com os alunos no ensino a distância.

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi um questionário elaborado na plataforma do Google Formulários, composto por 14 questões com perguntas estruturadas abertas e fechadas, e distribuído aos alunos no início do primeiro semestre do curso de Física a distância da UEM, via e-mail e redes sociais durante um mês. Todas as respostas foram anônimas, mantendo o sigilo da pesquisa. Dos 59 alunos inscritos no curso nesse período, 52 responderam ao questionário. De posse dos questionários respondidos foi possível realizar um levantamento do perfil dos alunos, assim como das expectativas e perspectivas dos mesmos em relação ao papel dos tutores no processo de ensino e também sobre a interação tutor-aluno.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi levantado o perfil dos discentes, identificando o gênero e a faixa etária dos participantes da pesquisa. De acordo com o Gráfico 1, dos 52 entrevistados 28 (53,85%) correspondem ao gênero masculino e 23 (44,23%) se identificaram com o gênero feminino. Apenas um entrevistado preferiu não identificar o seu gênero. Além disso, a faixa etária predominante no curso para o gênero masculino (12 entrevistados) é entre 31 e 40 anos. Já para os participantes do gênero feminino (10 entrevistadas), a predominância foi na faixa etária entre 18 e 30 anos. Com relação à faixa etária entre 41 e 50 anos, 2 entrevistados (3,85%) se identificaram como do gênero masculino e 5 (9,62%) do gênero feminino. Por fim, com relação à faixa etária entre 51 e 60 anos, 4 (7,69%) se identificaram como do gênero masculino e 2 (3,85%) do gênero feminino. Não houve participantes com mais de 61 anos.

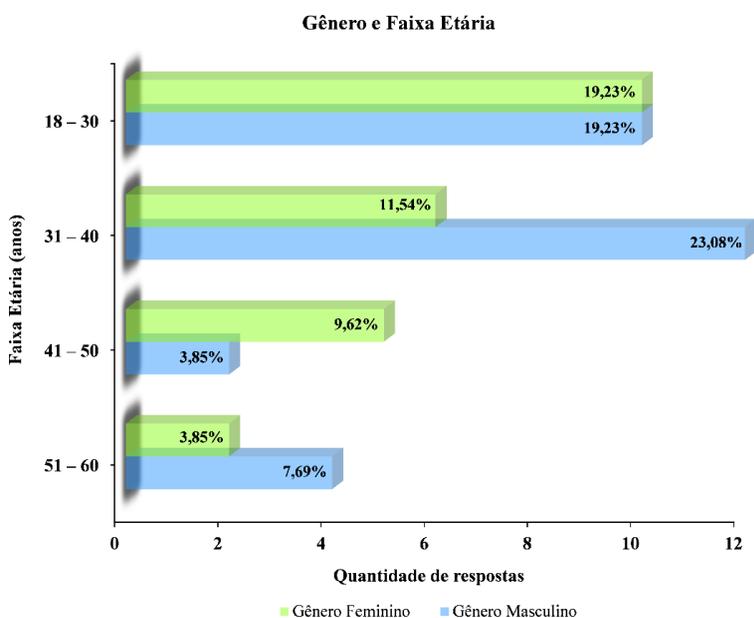


Gráfico 1 – Representação dos dados obtidos referentes às questões sobre gênero e idade dos participantes da pesquisa. No eixo X estão representadas as quantidades de participantes por faixa etária e no eixo Y a faixa etária dos mesmos. As barras verdes representam o gênero feminino e as barras em azul representam o gênero masculino

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os entrevistados também foram questionados sobre como tiveram conhecimento do curso de Física a distância da UEM. Os dados estão dispostos no Gráfico 2.

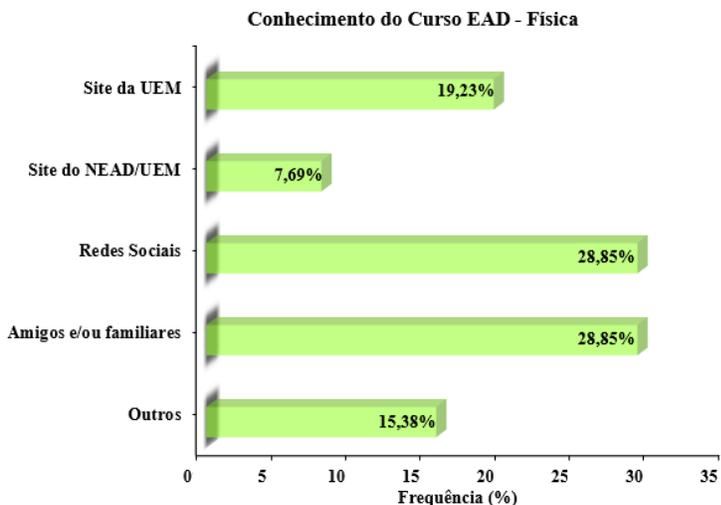


Gráfico 2 – Representação dos dados obtidos referentes às questões sobre como os participantes souberam do curso de Física a distância da UEM. No eixo X estão representadas as respostas em percentual e no eixo Y as opções de como tiveram conhecimento sobre o curso. As barras verdes representam a porcentagem dos entrevistados para cada opção (os participantes só tinham a opção de escolher por uma alternativa)

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com o Gráfico 2 os acadêmicos souberam do curso de Física a distância da UEM, principalmente, através das redes sociais (28,85%) e por amigos e/ou familiares (28,85%). Os meios de comunicação menos votados foram a opção “Outros” (15,38%) em que os entrevistados colocaram buscas na Internet (13,46%) e convite do tutor de polo (1,92%), e o site do NEAD da UEM (7,6%) A baixa porcentagem com relação às respostas - Site do NEAD/UEM - e - convite pelo tutor do polo - é, provavelmente, devido a esses acadêmicos ainda não terem conhecimento/acesso ao sistema UAB.

Os entrevistados também foram questionados se já possuíam alguma graduação e, em caso afirmativo, qual seria a graduação e a modalidade de ensino (presencial ou a distância). De acordo com os dados obtidos, 80,77% disseram que já possuíam uma graduação, sendo que 69,23% (36 alunos) responderam que a graduação concluída foi na modalidade de ensino presencial, ver Gráfico 3. Dos entrevistados, 19,23% (10 alunos) não responderam esta questão.

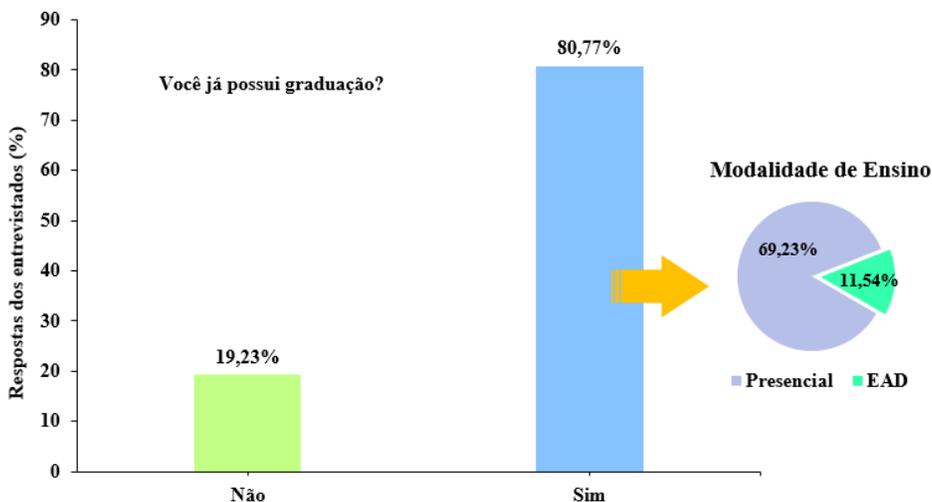


Gráfico 3 – Representação dos dados obtidos das questões se os participantes já possuíam alguma graduação e, caso afirmativo, qual seria a modalidade de ensino da graduação (presencial ou EAD). No eixo X estão representadas as respostas dos participantes para a pergunta se possuem ou não graduação e no eixo Y as respectivas percentagens. O *insert* no gráfico corresponde aos dados obtidos para as respostas à modalidade de ensino dos entrevistados que já possuem uma graduação concluída

Fonte: Elaborado pelos autores.

Também foram questionados aos alunos que possuíam uma graduação qual foi o curso que se graduaram. Como foram obtidas respostas diversas, optou-se por categorizá-las de acordo com a Tabela de áreas do conhecimento disponibilizada pelo CNPQ. O Gráfico 4 exhibe os resultados obtidos.

Áreas de conhecimento dos alunos com graduação

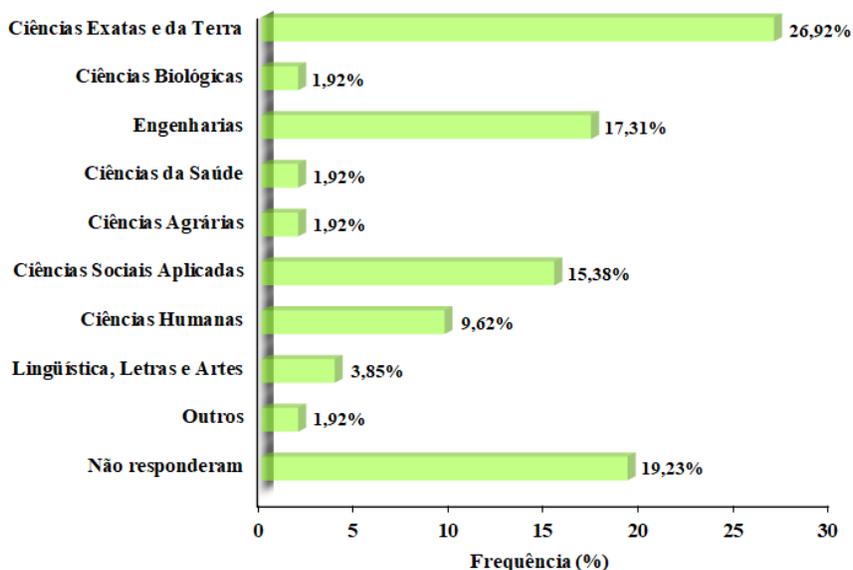


Gráfico 4 – Representação dos dados obtidos referentes às áreas do conhecimento dos alunos que já possuem uma graduação

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com o Gráfico 4, a maioria dos acadêmicos ingressos no curso de Física a distância já possuíam graduação na área de Ciências Exatas e da Terra (26,92%) e de posse das respostas individuais, os cursos com maior percentual de estudante dentro desta área variaram entre Química (Licenciatura e/ou Bacharelado) com 9,62% e Matemática (Licenciatura e/ou Bacharelado) com 7,69%. Além disso, analisando as respostas individualmente, verificou-se que dois respondentes possuíam mais de uma graduação; um deles possuía duas (faixa etária 51 - 60 anos), sendo na área de Ciências Sociais e Aplicadas e outro acadêmico três graduações (faixa etária 31 - 41 anos), sendo duas nas áreas de Ciências Exatas e da Terra e uma na área de Ciências Humanas. Logo, vale ressaltar a importância de a instituição de ensino oferecer cursos que ensinem os acadêmicos que adentram no ensino a distância a manipular a plataforma de ensino que será utilizada, pois apesar de muitos já terem graduação, esta foi na modalidade presencial. Dos entrevistados, 19,23% não responderam essa questão.

Em seguida, as perguntas focaram nos graduados na modalidade a distância. Inicialmente foi questionado qual o ambiente virtual que os acadêmicos tiveram acesso durante o curso. As opções sugeridas aos entrevistados foram: MOODLE, *BlackBoard*, *Google for Education*, E-Proinfo e, por último, próprio da Instituição de Ensino. As respostas se dividiram igualmente em MOODLE (50%) e ambiente de aprendizagem da própria

instituição de ensino (50%).

Outro questionamento foi direcionado na relação aluno-tutor. E a primeira questão foi para os alunos responderem numa escala de 1 a 5, quão boa era a relação tutor-aluno na instituição em que estudou, sendo 1 muito ruim e 5 excelente, e 50% responderam que foi excelente e os outros 50% que foi boa.

Os alunos foram questionados em quanto tempo, em média, os tutores respondiam às solicitações no AVA, veja o Gráfico 5.

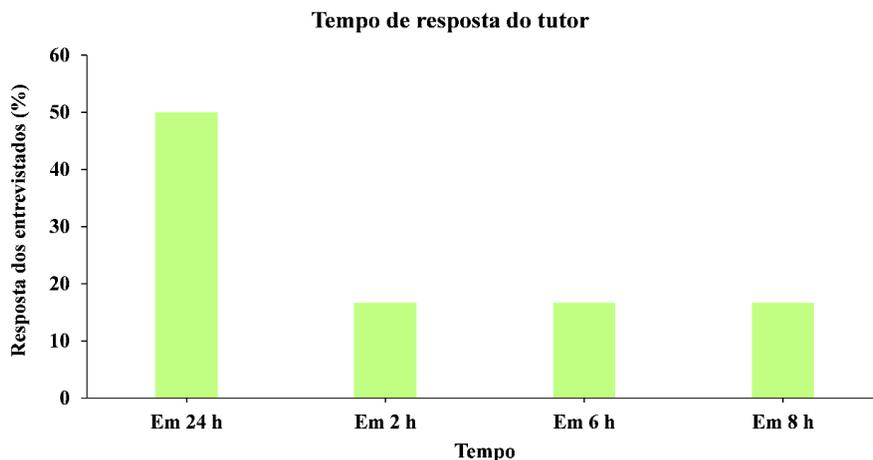


Gráfico 5 – Representação dos dados obtidos referente à questão: O tutor respondia suas dúvidas no ambiente virtual, em média, em quanto tempo após sua postagem. Os valores encontram-se em percentual

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante dos dados do Gráfico 5, constatou-se que 50% responderam que os tutores respondiam em 24 horas as suas dúvidas/perguntas. As respostas variaram igualmente nas três categorias: 2, 6 e 8 horas. Esses dados estão em consonância com as atribuições dos tutores de acordo com o Anexo I da Resolução nº 26 de 05 de junho de 2009 mencionada anteriormente, que diz que o tutor deve manter a regularidade de acesso ao ambiente virtual de aprendizagem e dar retorno às solicitações do cursista no prazo máximo de 24 horas. O *feedback* rápido do tutor aos alunos é um fator de grande importância no ensino a distância, pois promove a motivação e um sentimento de proximidade com a instituição de ensino.

Além disso, foi questionado aos entrevistados que já possuíam graduação na modalidade a distância quais eram as formas de comunicação com os tutores e os seis respondentes assinalaram a opção AVA, sendo que três se comunicavam apenas pelo AVA, um deles se comunicava também via ligação telefônica, outro também via Whatsapp

e outro ainda também via e-mail.

Quando indagados a respeito do auxílio do tutor na resolução das listas de exercícios, 50% responderam que recebiam ajuda do tutor e os outros 50% que não. É uma das atribuições dos tutores auxiliar os discentes na compreensão dos conceitos estudados e, portanto, na resolução de listas de exercícios. E, de acordo, com o Boletim Informativo dos Resultados da Pesquisa com os Estudantes do Sistema UAB realizado em 2017 (CAPES), quando os alunos estão em dificuldades com as disciplinas, 39,9% tendem a procurar primeiramente os tutores a distância e que 24,8% procuram os tutores presenciais. Isso mostra que os acadêmicos do ensino a distância tendem a procurar primeiramente o tutor para depois entrar em contato com o professor da disciplina para esclarecimento das dúvidas.

Ainda para este grupo de entrevistados, foi questionado sobre quão boa foi a relação tutor-aluno na instituição que estudou, sendo 1 muito ruim e 5 excelente. Constatou-se que para 50% dos respondentes, a relação foi excelente e os outros 50% consideraram boa. Por fim, foi questionado a este grupo se o tutor o motivou durante a sua formação acadêmica e para 66,7% dos respondentes, o tutor adotou uma postura motivadora e para 33,3%, o tutor não teve papel incentivador durante a formação acadêmica.

Para todos os entrevistados, sem distinção se já possuíam ou não graduação, foi perguntado sobre quais eram as expectativas com relação a tutoria a distância e a tutoria presencial durante a sua formação acadêmica no curso de Física a distância. Nessa questão a resposta era aberta e todos responderam. A maioria dos respondentes discorreu que tem como expectativa que os tutores a distância possam atuar esclarecendo dúvidas dos conteúdos das aulas, do curso e das atividades no AVA. Outras respostas apontaram que os alunos esperam que os tutores a distância tenham didática e também horários flexíveis para atender aos alunos. Em especial, algumas respostas chamaram a atenção, por exemplo, em uma o entrevistado discorreu da seguinte forma (transcrição literal): “[...] que não me deixem sem resposta, que seja pessoas agradáveis e de fácil dialogar”. Nota-se, portanto, a importância dos tutores apresentarem algumas habilidades sociais, como boa oratória (textual e verbal), empatia, a proatividade para resolver ou procurar soluções para os problemas/dúvidas dos alunos e também disciplina/compromisso em responder os alunos rapidamente (isto é, dentro das 24 horas estipuladas pela Resolução nº 26 de 05 de junho de 2009, anexo I). Um outro respondente discorreu (transcrição literal): “Ajudar a organizar a agenda e a rotina de estudos, sinalizando os prazos”. É nítida a relevância dos tutores, seja a distância ou presencial, em auxiliar os acadêmicos, em especial, os que adentraram agora nesta modalidade de ensino ou que estão realizando a primeira graduação, na organização dos estudos, com indicação de aplicativos de gerenciamento e sempre comunicá-los, via AVA, e/ou e-mail, e/ou redes sociais, quanto às datas de provas e trabalhos.

A respeito da tutoria presencial, os respondentes expressaram que, assim como os

tutores a distância, que estes possam vir a sanar dúvidas sobre os conteúdos e também sobre o curso. Algumas respostas foram (transcrição literal): “Minha expectativa é que o tutor presencial nós ajude, nos dê suporte mais próximo que o tutor a distância”; outra resposta: “tirar dúvidas, compreender melhor o curso, trocar experiências com alguém já formado na área”. Outras respostas foram (transcrição literal): “Expectativa de contato e troca de experiências com a universidade e demais acadêmicos”; “Minha expectativa é que o tutor presencial nos ajude, nos dê suporte mais próximo que o tutor a distância”. Observe-se nestas respostas que os acadêmicos esperam que o tutor presencial seja um elo entre eles e a universidade. Além disso, os encontros possibilitam troca de vivências entre alunos e tutores. Esses momentos são extremamente importantes para os acadêmicos, pois motiva-os durante o curso.

Entretanto, verificou-se em alguns discursos dos estudantes, tais como (transcrição literal) “Sou EAD”; “Não sei como será, se é obrigatório comparecer na tutoria presencial. Então não tenho como opinar sobre.”; ou ainda, “Não tenho expectativa quanto a esta”, a importância de divulgação para os calouros quanto ao papel e as atribuições tanto do tutor presencial quanto do tutor a distância.

5 | CONCLUSÃO

Através desta pesquisa, percebe-se que as expectativas dos acadêmicos quanto ao papel dos tutores são de auxílio com os conteúdos e também motivacional, pois um tutor que emite *feedbacks* rápidos e com qualidade aos alunos, contribui no estímulo ao aprendizado durante a graduação.

Vale destacar a importância de flexibilidade de horários para os atendimentos, sobretudo, a tutoria presencial, oportunizando a todos de participarem e terem proximidade com os tutores.

Além disso, observou-se a importância de ter um curso/palestra inicial para os acadêmicos ingressantes explicando o papel dos tutores e como é o funcionamento do ensino a distância (isto é, sobre provas, trabalhos, aulas experimentais, entre outros) para os acadêmicos conhecerem o funcionamento do curso a distância.

Diante dos dados, constatou-se a importância das redes sociais como meio de informação e comunicação em que os tutores devem estar atentos para promover maior interação e proximidade com os acadêmicos.

Os próximos passos desta pesquisa serão a aplicação de um novo questionário aos alunos do curso de Física a distância da UEM durante o decorrer da graduação para dar continuidade ao estudo da relação tutor-acadêmico.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 5.800, de 8 de junho de 2006. Dispõe sobre o Sistema Universidade Aberta do Brasil – UAB. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5800.htm>. Acesso em 07 de julho de 2022.

BRASIL. Decreto nº 9057, de 25 de maio de 2017. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20238603/do1-2017-05-26-decreto-n-9-057-de-25-de-maio-de-2017-20238503>. Acesso em: 07 de junho de 2022.

BRASIL, Resolução nº 26 de 05 de junho de 2009 que trata do Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB). Disponível: https://www.fnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&sgl_tipo=RES&num_ato=00000026&seq_ato=000&vlr_ano=2009&sgl_orgao=CD/FNDE/MEC. Acesso em: 13 de julho de 2022.

BRITO, P.S.S. *et al.* A comunicação e a mediação do professor-tutor com o aluno de EaD. R. bras. Ens. Ci. Tecnol., Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 426-437, jan./abr. 2019.

CAPES. Resultados da Pesquisa com os Estudantes do Sistema UAB (2017). Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-a-distancia/uab/resultados-da-pesquisa-com-os-estudantes-do-sistema-uab>>. Acesso em: 07 junho de 2022.

ESTRELA C. Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Artes Médicas, 2018.

PEREIRA, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.

LATTES - CNPQ, Tabela de Áreas do Conhecimento. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7>. Acesso em 15 de julho de 2022.

MATTAR, J. et al. COMPETÊNCIAS E FUNÇÕES DOS TUTORES ONLINE EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. Educação em Revista Belo Horizontelv.36le217439, 2020

VIEIRA, K. M. et al. Escala de Determinantes da Evasão no Ensino a Distância (EDED): Proposição e Validação. EaD em Foco, v. 10, n. 2, e1035, 2020.

SONNENSTRAHL, T. S.; BERNARDI, G.; PERTILE, S. Análise de Interações do Ambiente Virtual de Aprendizagem para Predição de Evasão em Cursos no Ensino a Distância. EaD em Foco, v. 11, n. 1, e1463, 2021. <https://doi.org/10.18264/eadf.v11i1.1463>

CADASTRO TERRITORIAL URBANO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROCEDIMENTOS E EXIGENCIAS DOS MUNICIPIOS QUE COMPÕE A MICORREGIÃO DE MARINGÁ, PR

Data de submissão: 07/10/2022

Data de aceite: 01/12/2022

Adriano Antonio Tronco

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

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti

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

Marcelo Luis Chicati

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

Roney Berti de Oliveira

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

RESUMO: Dentre os materiais encontrados na literatura brasileira, existem alguns manuais que direcionam os órgãos públicos na elaboração dos cadastros urbanos, desde os métodos de coleta de dados até a precisão posicional requerida.

Entretanto, há liberdade na escolha de cada gestor pelos parâmetros que julgar mais convenientes. Dessa forma, este estudo buscou investigar a maneira como as prefeituras da microrregião de Maringá/PR tem realizado (ou exigido) seus levantamentos de georreferenciamento para fins de cadastro urbano. Além disso, buscou também informações sobre a presença de cadastro já realizado, forma de elaboração, profissionais atuantes, presença de redes de referência e conhecimento sobre as normas existentes. A investigação foi conduzida por meio de questionário, contemplando diferentes eixos temáticos, aplicado na forma de entrevista em 5 municípios. A partir dos resultados levantados foi possível observar que Maringá destacou-se como a única cidade a possuir profissionais especializados, além de rede de referência mais densa e mais bem distribuída que os demais municípios estudados. Com relação a esses, várias diferenças foram observadas, desde levantamentos realizados de forma terceirizada, existência de base georreferenciada ao SGB ou mesmo o critério de precisão posicional adotado para cada um. Em vista disso, ficou clara a existência de divergências na atuação de cada município sobre esse

tema, o que nos leva à conclusão de que apenas com profissionais efetivos e qualificados no assunto, adotando tecnologias eficientes, será possível obter informações confiáveis sobre os cadastros urbanos disponibilizados pelas cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Cadastro Territorial; rede de referência; precisão posicional; cadastro urbano.

URBAN TERRITORIAL REGISTRY: COMPARATIVE STUDY BETWEEN PROCEDURES AND REQUIREMENTS OF THE MUNICIPALITIES THAT MAKE UP THE MICROREGION OF MARINGÁ, PR

ABSTRACT: Among the materials found in the Brazilian literature, there are some manuals that guide public agencies in the elaboration of urban cadastres, from data collection methods to the required positional accuracy. However, each manager is free to choose the parameters he/she deems most convenient. Thus, this study sought to investigate how the municipalities of the micro-region of Maringá/PR have performed (or required) their georeferencing surveys for urban cadastre purposes. Moreover, it also sought information about the presence of cadastres already made, how they were prepared, the professionals involved, the presence of reference networks, and knowledge about the existing norms. The research was conducted through a questionnaire, covering different thematic axes, applied in the form of an interview in 5 municipalities. From the results it was possible to observe that Maringa stood out as the only city to have specialized professionals, besides a reference network that was more dense and better distributed than the other municipalities studied. In relation to these, several differences were observed, from outsourced surveys, the existence of a georeferenced base to SGB or even the positional accuracy criterion adopted for each one. In view of this, it was clear that there are differences in the performance of each municipality on this theme, which leads us to the conclusion that only with effective and qualified professionals on the subject, adopting efficient technologies, it will be possible to obtain reliable information on the urban registers made available by the cities.

KEYWORDS: Land registry; reference network; positional accuracy; urban registry.

1 | INTRODUÇÃO

A Lei Federal 10.257/01 que regulamentou o Estatuto das Cidades, em seu capítulo 21, Art 39, define que a função social da propriedade urbana deve atender às exigências fundamentais de ordenação da cidade que deverão estar contidas no Plano Diretor municipal. Portanto, o Plano Diretor é requisito básico, fundamental dentro da política de desenvolvimento e expansão urbana (ESTATUTO DA CIDADE). Faz parte do Plano Diretor o georreferenciamento das feições e informações relativas ao espaço geográfico municipal de modo a auxiliar nas tomadas de decisão que envolvem desenvolvimento urbano.

O cadastro territorial urbano é um dos principais instrumentos para a organização e disposição das feições e informações georreferenciadas do espaço geográfico do município. De acordo com o manual “Noções de Cadastro Territorial Multifinalitário” (CONFEA, 2016), o cadastro territorial é definido como o inventário territorial oficial e sistemático de um

município e baseia-se no levantamento dos limites de cada parcela.

Não há normas técnicas específicas sobre como elaborar ou atualizar o cadastro urbano, todavia existem alguns documentos técnicos que trazem recomendações de como esses podem ser estruturados, como os dados devem ser coletados, qual a precisão espacial recomendada, entre outros. Além do manual já mencionado, pode-se citar os manuais de “Normas e Procedimentos de Engenharia para Cadastro Urbano no Brasil” (CONFEA, 2017) e “Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros” (Ministério das Cidades, 2010) para embasarem os trabalhos relacionados ao assunto.

São várias as recomendações presentes nestes documentos citados quando da criação ou manutenção de um cadastro. Dentre essas recomendações se encontra a presença de uma rede de apoio para auxiliar nos levantamentos topográficos ou geodésicos no município em questão. Esta rede de apoio, constituída de marcos geodésicos de referência também é descrita pela norma ABNT NBR 14.166/98 - Rede de Referência Cadastral Municipal. Uma rede de apoio é fundamental na elaboração e atualização de plantas cadastrais municipais georreferenciadas.

Com o advento das tecnologias para aquisição e gerenciamento dos dados geográficos georreferenciados, aliados a expansão das cidades, em 2016 foi criado o Sistema Nacional de Gestão Territorial, ou SINTER (DECRETO FEDERAL 8.764/2016), em que a união do registro com o cadastro em um sistema geográfico unificado releva a necessidade de que os levantamentos das parcelas urbanas estejam referenciados a um Sistema de Referência Geodésico (SRG) único e com padrão de precisão posicional definido.

De acordo com Silva et al. (2018), vários projetos de cadastro técnico já foram executados apesar da inexistência das normas relativas ao SINTER. Estas bases eram elaboradas de acordo com as normativas já existentes, como a NBR 13.133/94, a NBR 14.166/98 e a NBR 14.645-2/05 - Elaboração do “como construído” (as built) para edificações - Parte 2: Levantamento planimétrico para registro público, para retificação de imóvel urbano - Procedimento. Estas normas, no entanto, não definem o valor de precisão a ser atendida no levantamento topográfico dos vértices que determinam os limites das parcelas.

As discussões sobre definir um padrão de precisão de coordenadas georreferenciadas para os espaços urbanos são crescentes. Klein e Lima (2018) e Silva et al. (2018) realizaram estudos referentes à precisão que pode ser obtida a partir de levantamentos topográficos em áreas urbanas.

Klein e Lima (2018) levam em consideração as especificações técnicas de equipamentos disponíveis no mercado e seguem a metodologia de propagação de erros usualmente adotada na literatura. Concluem que é necessário evitar a adoção de um critério de tolerância para o desvio padrão posicional inferior a 8 centímetros e evitar a

adoção de um critério de tolerância tridimensional sem estudos que justifiquem claramente esta escolha.

Os valores de 8 centímetros também são encontrados nos estudos de Luz (2013), na cartilha de Normas e Procedimentos de Engenharia para Cadastro Urbano no Brasil (CONFEA, 2017) e no Decreto 9.310/18. O valor de 7 centímetros pode ser encontrado na cartilha do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA).

Klein e Lima (2018) afirmam que este valor de 7 centímetros apresentado pelo CONFEA parece possuir um caráter arbitrário porque carece de estudos ou alguma justificativa formal, o que pode se mostrar algo inviável de se atingir na prática. Além disso, é desconhecido nas normas internacionais valores de tolerância para desvio padrão de vértices tridimensionais e para vértices de divisas dos imóveis urbanos.

De modo análogo, Silva et al. (2018) fazem um trabalho para avaliar a precisão dos vértices definidores de imóveis urbanos através de propagação de erros pelo método da propagação das covariâncias e compara os valores obtidos com o requerido pelo Decreto 9.310/18. O Decreto 9.310/18 trata dos procedimentos aplicáveis na Regularização Fundiária Urbana (Reurb), abrangendo as medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais destinadas à incorporação dos núcleos urbanos informais ao ordenamento territorial urbano. O decreto exige que os vértices sejam referenciados ao SGB e que o erro posicional esférico seja igual ou menor que 8 centímetros de raio.

Silva et al. (2018) implantou a própria rede de referência cadastral no município em que o estudo foi realizado, onde foram coletadas as coordenadas desses marcos e seus respectivos desvios padrões utilizando tecnologia Global Navigation Satellite System (GNSS). As redes de referência cadastrais densificadas e precisas servem como controle para os levantamentos topográficos, principalmente em locais onde a tecnologia GNSS não se mostra eficiente dadas as condições locais (obstrução de sinal GNSS, produção de erros por multicaminho, etc).

Essa rede de marcos cadastrados é abordada nos documentos recentes que tratam sobre o cadastro multifinalitário urbano: “Noções de Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM” (CONFEA, 2016) publicado pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR) e “Normas e Procedimentos de Engenharia Para Cadastro Urbano no Brasil” (CONFEA, 2017). Contudo, estes não possuem caráter normativo regulamentado por lei e assim não há obrigatoriedade no uso dos mesmos, ou seja, cabe ao município a definição das exigências quanto aos levantamentos para fins cadastrais.

Assim, buscou-se neste artigo investigar municípios de uma mesma microrregião e analisar a situação cadastral e como cada município dispõe as exigências quanto aos levantamentos topográficos para fins cadastrais verificando as semelhanças e divergências entre eles.

2 | INVESTIGAÇÃO

Foram escolhidos cinco municípios para realização deste estudo. Estes municípios representam por completo a microrregião de Maringá, pertencente ao estado do Paraná, Brasil, seguindo a divisão feita pelo IBGE (IPARDES, 2012). A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo no Estado do Paraná bem como os limites territoriais dos municípios de Maringá, Sarandi, Marialva, Mandaguari e Paçandu, com destaque para as manchas urbanas municipais.

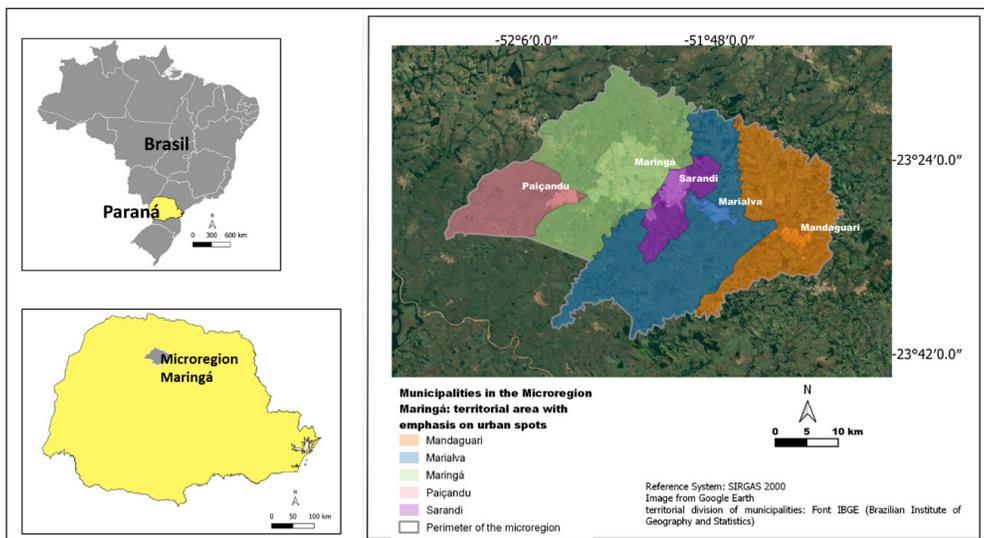


Figura 1 – Mapa de localização dos municípios da microrregião de Maringá

Fonte: Base cartográfica: IBGE, acesso em março de 2022; Imagem: Google Earth; acesso em março de 2022.

O processo de levantamento de informações foi realizado por meio de entrevistas com os profissionais ou corpo técnico responsável pelo cadastro urbano de cada município junto às prefeituras selecionadas. De forma a estruturar a entrevista elaborou-se um questionário com três eixos distintos. O primeiro eixo tratou sobre o cadastro territorial uma vez que a gestão do espaço urbano, desde a promulgação do Estatuto das Cidades, passou a ser de responsabilidade dos próprios municípios. Essa gestão contempla o mapeamento cartográfico e/ou digital do espaço físico do município com a realização do cadastro urbano. Desta forma, foi avaliado por meio da aplicação do questionário, a existência do cadastro urbano nos municípios e questões relacionadas a ele.

O segundo eixo abordado no questionário tratou sobre a Rede de Referência Cadastral Municipal. Esta rede de marcos é referida na norma ABNT NBR 14.166/98 - Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Foi investigado sobre a presença

destes marcos nos municípios para auxiliar na vinculação dos levantamentos topográficos ao cadastro urbano. Foram avaliadas a quantidade e localização dos marcos presentes no município.

Na existência dos marcos e outros pontos de referência, investigou-se se eles foram implantados com base nos tipos de pontos estruturados no modelo da norma NBR 14.166/98, ou se o município possui alguma outra sistematização ou hierarquização desses marcos que foge à norma. Também foi registrado se estes pontos estavam georreferenciados ao SGB (SIRGAS2000, Sistema de Referência oficial no Brasil) se eram anteriores ao sistema adotado oficialmente no Brasil ou se estavam georreferenciados a sistemas de referência locais.

A existência de documentos e relatórios que atestassem a precisão posicional dos dados georreferenciados destes marcos foi questionada, assim como se houve alguma preocupação pelo município na exigência da precisão posicional dos pontos implantados.

O terceiro e último eixo do questionário foi referente, especificamente, aos padrões de precisão que os municípios exigem nos levantamentos para fins de loteamento de áreas rurais, adjacente ao aglomerado urbano que devidamente regularizadas compõem a malha urbana do município. Tais levantamentos são responsáveis por toda a demarcação das divisas entre os lotes urbanos, as calçadas, os arruamentos e eixos de ruas, os equipamentos públicos, os pontos de interesse de infraestrutura urbana (postes de energia, galerias de águas pluviais e esgoto), entre outros.

Assim foi questionado quais equipamentos são exigidos nesses levantamentos: Estação Total, Teodolitos, receptores GNSS e ainda a precisão posicional exigida. No caso de não utilizar a tecnologia GNSS, foi verificado se é exigido que os levantamentos sigam as normas NBR 13.133/94 de levantamentos topográficos para correção e distribuição de erros. No caso de obrigatoriedade do uso de GNSS, foi verificada a exigência de processamento dos dados (seja pós processamento ou processamento em tempo real). Estas informações também foram coletadas por meio de questionário.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram analisados seguindo os 3 eixos descritos na metodologia. Para sintetizar as respostas objetivas provenientes das entrevistas organizou-se os Quadros 1, 2, 3 e 4. As análises foram discutidas a partir das informações tabuladas e acrescidas das informações discursivas obtidas nas entrevistas.

O Quadro 1 apresenta uma síntese das respostas referentes a investigação quanto a situação do cadastro territorial dos municípios.

CADASTRO TERRITORIAL	Marialva	Mandaguari	Paiçandu	Sarandi	Maringá
Funcionários envolvidos	9	5	1	3	14
Equipamentos	Teodolito, trena e GNSS	trena	trena	trena	Teodolito Estação Total GNSS
A prefeitura possui cadastro em meio físico?	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
A prefeitura possui cadastro em meio digital?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Qual o formato do cadastro?	CAD	CAD	CAD	CAD	SIG/CAD
O cadastro é georreferenciado ao SGB?	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Possui imagem?	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Como foi adquirida?	-	Não sabe informar	Aerofotogrametria	-	Aerofotogrametria
Qual resolução?	-	Não sabe informar	Não sabe informar	-	<50 cm
Troca informações com cartório de registro de imóveis?	Não	Não	Não sabe informar	Sim	Sim
Elaboração do cadastro foi terceirizada?	Não	Sim	Sim	Não	Não
Quem atualiza o cadastro?	PREF	PREF	EMPRESA	PREF	PREF
Qual a frequência de atualização?	Continuamente	Continuamente	Não sabe informar	Continuamente	Continuamente

Quadro 1 – Respostas referentes ao cadastro territorial.

Fonte: Os autores (2021).

Pode-se analisar que o número de funcionários envolvidos com o cadastro varia de cidade para cidade, de tal maneira que em Paiçandu somente um funcionário tem essa responsabilidade e em Maringá são quatorze funcionários envolvidos. Maringá destaca-se nesse sentido e no fato de que estes funcionários são lotados em setores com maior especialidade para tratar do cadastro: o setor de geoprocessamento que conta com geógrafo e desenvolvedores de sistemas e o setor de topografia que conta com agrimensores. Somente Maringá possui agrimensores e desenvolvedores de sistemas. Nas outras prefeituras o cadastro é responsabilidade do setor de obras ou de planejamento urbano e conta com engenheiros civis e arquitetos.

Quanto aos equipamentos topográficos, somente Marialva e Maringá contam com GNSS e Maringá conta com Estação Total também. Mandaguari, Paiçandu e Sarandi contam somente com trena.

Todas as prefeituras possuem o cadastro digital em plataforma CAD e somente Maringá também desenvolve o cadastro em ambiente SIG (ArcGIS), sendo que esse formato facilita a união de dados alfanuméricos nas feições espaciais. Maringá também possui uma plataforma online que disponibiliza gratuitamente informações do cadastro territorial urbano. Observa-se em Maringá um cadastro mais completo ao compará-la com os demais municípios.

No que diz respeito ao georreferenciamento, todos os municípios apresentam o cadastro referenciado ao SGB, com exceção de Sarandi. Este, apesar de exigir os novos levantamentos georreferenciados ao SGB, como informado em entrevista, tem seu cadastro referenciado a um sistema local. Maringá e Paiçandu possuem imagens aerofotogramétricas que servem como fonte de aquisição de dados na elaboração e ou atualização do cadastro, contudo somente os funcionários de Maringá possuem informações quanto a resolução das imagens. Registrou-se ainda que Mandaguari possui imagens, porém, não possuem informações quanto a procedência, método de aquisição e resolução.

A criação do cadastro por parte de Maringá, Sarandi e Marialva foi realizada pelos próprios funcionários, diferentemente dos outros dois municípios investigados, que tiveram seu cadastro realizado por empresas. Quanto a atualização, apenas em Paiçandu esta é realizada por empresa e o entrevistado não soube informar com qual frequência ocorre a atualização.

Considera-se a criação e atualização pela própria prefeitura um ponto positivo pois, entende-se que a atuação dos funcionários no processo contribui com o aprofundamento do conhecimento sobre o próprio cadastro e suas informações, bem como possibilitam a atualização contínua do cadastro e sem a dependência de processos de licitação.

Em relação as redes de referência, o Quadro 2 apresenta as respostas obtidas para cada município investigado de forma a facilitar a análise comparativa.

REDE DE REFERÊNCIA	Marialva	Mandaguari	Paiçandu	Sarandi	Maringá
A prefeitura utiliza-se de pontos de referência de órgão externos?	Não	Não sabe informar	Não	Não	Não
A prefeitura possui pontos de referência?	Sim	Não	Não	Não	Sim
Quantos pontos a prefeitura possui?	<5	-	-	-	>20
Há conhecimento de onde estão?	Sim	-	-	-	Sim
Há fiscalização para saber se ainda existem?	Não	-	-	-	Não
Caso seja retirado, o que é feito?	Não sabe informar	-	-	-	Não sabe informar
São georreferenciados?	Sim	-	-	-	Sim
Têm-se o conhecimento da precisão?	Sim	-	-	-	Sim
Possuem relatórios ou documentação?	Sim	-	-	-	Sim
Possível encontrar em formato digital?	Relatórios	-	-	-	SIG/CAD

Quadro 2 – Respostas referentes a rede de referência.

Fonte: Os autores (2021).

Observou-se que nenhum município utiliza pontos de referência pertencentes a redes de referência de órgãos externos ainda que tais pontos de referência sejam presentes nos municípios. A citar, todos os municípios possuem pontos de referência pertencentes as redes do IBGE, SANEPAR ou registrados junto ao PARANACIDADES.

Quanto a pontos de referência implantados pela própria prefeitura, apenas Maringá e Marialva possuem conhecimento dos pontos implantados e das informações pertinentes a estes (quantos pontos, onde se encontram, se são georreferenciados e se são documentados), contudo não há fiscalização para averiguar a existência deles em campo. Mandaguari e Paiçandu, como visto, tiveram seu cadastro realizado de forma terceirizada e ainda que tais empresas tenham implantado pontos de referência no município, na entrevista observou-se que há desconhecimento sobre a presença pelos responsáveis.

Outro ponto investigado foi o conhecimento e exigência de normas e manuais para fins de levantamentos topográficos e cadastro territorial urbano por parte das prefeituras. O Quadro 3 apresenta uma síntese das respostas obtidas.

		Marialva	Mandaguari	Paiçandu	Sarandi	Maringá
Qual destas normas e manuais são de conhecimento do corpo técnico?	NBR 13133	X	X	X	X	X
	NBR 14166			X	X	X
	CTM			X	X	X
	NPE					X
No caso de contratação para levantamentos, os contratos exigem a utilização de normas?		S	N	N	S	S
Caso afirmativo, quais são exigidas?	NBR 13133				X	
	NBR 14166				X	
	CTM					
	NPE					
	Não sabe informar	X				X
No caso de contratação para abertura de loteamentos, os contratos exigem a utilização de normas?		N	N	N	S	N
Caso afirmativo, quais são exigidas?	NBR 13133				X	
	NBR 14166				X	
	CTM					
	NPE					
	Não sabe informar					

CTM: Noções de Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM (CONFEA, 2016)

NPE: Normas e Procedimentos de Engenharia para Cadastro Urbano no Brasil (CONFEA, 2017).

Quadro 3 – Respostas referentes ao conhecimento e exigência de normas.

Fonte: Os autores (2021).

Pode-se observar que os entrevistados dos municípios de Marialva, Mandaguari e Paiçandu têm conhecimento somente da norma de levantamentos topográficos, enquanto que o entrevistado em Sarandi possui conhecimento de ambas as normas e de um dos manuais: Noções de Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM. Em Maringá as normas são conhecidas além de ambos os manuais questionados: CTM e o Normas e Procedimentos de Engenharia para Cadastro Urbano no Brasil.

Em relação às exigências de aplicação dessas normas e manuais na parte de levantamentos topográficos e na abertura de novos loteamentos, verifica-se que pouco é exigido por parte das prefeituras, e ainda assim quando os funcionários sabem que são feitas exigências não tem conhecimento sobre elas. Apenas em Sarandi foi afirmado a adoção das normas NBR 13.133/94 e NBR 14.166/98 nos levantamentos terceirizados e na abertura de novos loteamentos.

Por fim, foram levantadas informações sobre a precisão posicional adotada por cada município. O Quadro 4 apresenta as respostas obtidas na investigação.

PRECISÃO POSICIONAL	Marialva	Mandaguari	Paiçandu	Sarandi	Maringá
A prefeitura adota algum padrão de precisão posicional nos levantamentos geodésicos para fins de cadastro?	Não	Não	Não	Não	7cm
São feitas exigências referentes à georreferenciamento na abertura de loteamentos?	Não	Não	Sim	Sim	Sim
São exigidas precisões posicionais para os levantamentos para fins de loteamento?	-	-	Não	5cm	7cm
São feitas exigências referentes a implantação de pontos de referência em novos loteamentos?	Sim	Não	Não	Não	Não
Caso haja exigência qual a precisão requerida?	Nenhuma	-	-	-	-

Quadro 4 – Respostas referentes a precisão posicional.

Fonte: Os autores (2021).

Em relação a adoção de padrões de precisão nos levantamentos para fins de cadastro, somente Maringá adota um valor de sete centímetros (7cm) dentre todas as prefeituras questionadas. Observou-se que mesmo em Marialva e Sarandi (município cujos cadastros foram realizados pela própria prefeitura) não há conhecimento pelo entrevistado responsável sobre qual a exigência da precisão posicional adotada. O mesmo ocorre para os municípios que terceirizaram o serviço.

Na abertura de novos loteamentos Maringá, Sarandi e Paiçandu exigem o georreferenciamento dessas áreas, mas neste caso diferem nas precisões posicionais

exigidas. Maringá estabelece 7cm como tolerância, enquanto Sarandi estabelece cinco centímetros e Paçandu não dá uma referência de precisão posicional. Marialva foi o único município que afirmou exigir a implantação de pontos nos loteamentos contudo não exige que estes sejam georreferenciados ao SGB nem estabelecem precisão posicional para eles.

Maringá é mais exigente que Sarandi no sentido de estabelecer precisão posicional tanto para os levantamentos executados pela própria prefeitura quanto para aqueles fornecidos pelas loteadoras. Já em Sarandi a exigência é somente para as loteadoras. Quando observado o valor desta precisão posicional Sarandi se destaca em relação a Maringá. Ambos são mais exigentes que os outros municípios, que não fazem nenhuma prescrição quanto a precisão posicional nos levantamentos, na abertura de novos loteamentos e na implantação de marcos geodésicos. Nenhum dos entrevistados afirmou a realização de conferências em campo dos levantamentos realizados por terceiros.

4 | CONCLUSÃO

Por meio da pesquisa pôde-se concluir que todos os municípios investigados possuem o Cadastro Territorial Urbano. Contudo, ficou evidente que mesmo que tais municípios pertençam a mesma microrregião, os procedimentos na elaboração e atualização, as exigências quanto a implantação e precisão posicional de coordenadas georreferenciadas que atendam o cadastro territorial urbano e mesmo o conhecimento dos profissionais envolvidos no cadastro quanto as Normas e manuais técnicos são desiguais.

Maringá se destaca em relação aos demais municípios em todos os eixos estudados na pesquisa. Possui profissionais especializados, cadastro em plataforma CAD e SIG georreferenciados ao SGB, possui sua própria rede de referência com maior número de pontos e melhor distribuição e faz exigência de precisão posicional em todos os levantamentos para fins cadastrais condizentes com os valores indicados na literatura para a utilização em meios urbanos para fins de cadastro territorial.

Os demais municípios, apesar de possuírem cadastro, apresentaram em determinados eixos estudados resultados aquém dos obtidos em Maringá. Em destaque está o não georreferenciamento do mapa cadastral do município de Sarandi, o número de pontos de controle implantados pelo município e a não exigência de precisão posicional nos levantamentos de coordenadas georreferenciadas. Em Sarandi é exigida a precisão posicional de 5cm, mas somente nos levantamentos para fins de loteamento.

Sendo no Brasil as opções tecnológicas e a precisão posicional utilizadas na determinação das coordenadas georreferenciadas de livre escolha das entidades gestoras dos cadastros urbanos, este trabalho contribuiu como diagnóstico do que pode ser a realidade do cadastro em muitos outros municípios do território brasileiro: município com cadastros elaborados segundo critérios de levantamento georreferenciados ao SGB,

atualizados continuamente e com precisão posicional definidos por normativas ou estudos na área, e cadastros elaborados sem tanto rigor em suas exigências.

O investimento dos municípios na aquisição das tecnologias, na qualificação especializada e atualização dos conhecimentos dos efetivos que atuam dentro da Prefeitura no cadastro pode ser um diferencial para o desenvolvimento de normativas internas que estabeleçam métodos e precisão posicional tanto para levantamentos executados pela própria prefeitura como para empresas terceirizadas gerando assim levantamentos com confiabilidade.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (1994) **NBR 13.133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (1998) **NBR 14.166: Rede de referência cadastral municipal – Procedimento**. Rio de Janeiro. 23p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2005) **NBR 14.645-2: Elaboração do as built para edificações Parte2: Levantamento planimétrico para registro público, para retificação de imóvel urbano - procedimento**. Rio de Janeiro.

Brasil. Decreto nº 8.764, de 10 de maio de 2016. **Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei nº 11.977, de julho de 2009**. Brasília, DF, mai 16. Disponível em: <planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8764.htm>. Acessado em 15 mar. 2019.

CONFEA. (2016) **Noções de Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM**. 35p

CONFEA. (2017) **Normas e Procedimentos de Engenharia para Cadastro Urbano no Brasil**. Versão 1.0. 98p.

INCRA. (2013) **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. 3ª Edição. Brasília.

Klein, I., & Lima, A. P. B (2018). **Estudos iniciais sobre a incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos a luz do SINTER**. 8º Encontro de cadastro técnico multifinalitário para os países da américa latina. Florianópolis.

Luz, L. A. S. (2013) **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, SC. 82p.

Ministério das Cidades. (2010) **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros**. Brasília: Ministério das Cidades.

Monico, J. F. G. (2008) **Posicionamento pelo GNSS descrição, fundamentos e aplicações**. Editora UNESP.

Silva, P. L., Fonseca, I. G. R., Marques, E. T., & Rodrigues, D. D (2018). **Análise da precisão obtida no levantamento dos vértices definidores dos limites dos imóveis, através da propagação de erros, e comparação com o instituído pelo decreto nº 9.310/2018.** 8º Encontro de cadastro técnico multifinalitário para os países da américa latina. Florianópolis.

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM PRÉDIO PÚBLICO – UM ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/12/2022

Nayra Gomes Neves

Universidade do Estado do Amazonas

Phellipe Tocchetto Dinardi

Universidade do Estado do Amazonas

Vinícius Cabral de Serra

Universidade do Estado do Amazonas

Walter Andrés Vermehren Valenzuela

Universidade do Estado do Amazonas

Interna de Retorno, Valor Presente Líquido) como pré-diagnóstico energético. Os resultados energéticos no sistema de iluminação apresentaram uma redução de cerca de 47% da potência consumida enquanto que no sistema de climatização teve uma redução de 44%.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética

1. Iluminação 2. Ar condicionado 3.

TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF A PUBLIC BUILDING - A CASE STUDY

ABSTRACT: An analysis was carried out in the energy systems of the Amazonas State University (UEA) to propose improvements in relation to energy consumption in public buildings belonging to the institution. In order to evaluate the possible improvements, a quantitative analysis and of the present power of the lighting and air conditioning systems of the University were initially carried out and to evaluate the impact of substitution by more efficient equipment, specific financial indexes (Composite Payback, Internal Rate of Return, Net Present Value) were used as energy pre-diagnosis. The energy results in the lighting system showed a reduction of about 47% of

XLII International Sodebras Congress. 28 a 30 de maio de 2020 – São Paulo – SP.

RESUMO: Realizou-se uma análise nos sistemas energéticos da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) para propor melhorias em relação ao consumo de energia em prédios públicos pertencente a instituição. Para avaliar as possíveis melhorias realizou-se inicialmente uma análise quantitativa e da potência atual dos sistemas de iluminação e climatização da Universidade e para avaliar o impacto da substituição por equipamentos mais eficientes utilizou-se os índices financeiros específicos (Payback composto, Taxa

the power consumed while in the air-conditioning system there was a reduction of 44%.

KEYWORDS: Energy Efficiency 1. Lighting 2. Air conditioning 3.

1 | INTRODUÇÃO

Na década de 70, surgiram as primeiras ideias de conservação de energia oriunda, principalmente, da crise do petróleo de 1973 a 1979. Mais tarde, em 1997, com o protocolo de Kyoto a ideia de conservação de energia se consolidou principalmente com a criação de instituições que estabeleceram programas que visam promover a eficiência energética nos mais diversos setores do processo produtivo, residenciais e governamentais (MOREIRA & GIOMETTI, 2010).

No Brasil, surgiram programas de eficiência Energética voltados para o uso racional de recursos naturais, por exemplo, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), com a finalidade de promover a sustentabilidade ambiental e socioeconômica.

Além de germinar a ideia de conservação ambiental muitos consumidores e gestores veem a ideia de conservação de energia como uma maneira de poupar gastos, por meio de projetos de eficiência energética mediante execução de medidas embasadas em conhecimentos aplicados, empregando conceitos de engenharia, economia e administração aos sistemas energéticos (MILTON et al, 2007).

No entanto antes de executar medidas que tornam sistemas mais eficientes é necessário conhecer e diagnosticar a realidade energética do mesmo para estabelecer prioridades e implementar projetos de melhoria e redução de perdas. De acordo com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) em seu Guia para eficiência energética nas edificações públicas os subsistemas de iluminação e climatização estão dentre os responsáveis que mais consomem energia elétrica em edifícios públicos. Por esse motivo a prioridade estabelecida a este estudo de caso serão os subsistemas mencionados em CEPEL (2014).

Nesse contexto, projetos de eficiência energética devem ser medidos de forma a encontrar justificativas econômicas que permitam sua implementação. Não é razoável adotar procedimentos para eficiência um sistema a qualquer custo, por isso em projetos como esse é necessário constituir uma análise econômica através de indicadores de viabilidade financeira.

Este trabalho descreve os dispositivos e parâmetros utilizados para implementar melhorias em relação ao consumo de energia em prédios públicos pertencente a Universidade do Estado do Amazonas, bem como instituir uma análise quantitativa da viabilidade das medidas realizadas por intermédio de índices financeiros específicos.

2 | METODOLOGIA

O estudo de caso, de caráter descritivo e exploratório de abordagem quantitativa desenvolveu-se nos edifícios situados em Manaus da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). O estudo foi realizado em quatro escolas de ensino superior, Escola Superior de ciências da Saúde (ESA), Escola Superior de Artes e Turismo (ESAT), Escola Normal Superior (ENS) e Escola Superior de Ciências Sociais (ESO) além da Policlínica de Odontologia, do Núcleo de Práticas Jurídicas (NPJ) e do Núcleo de Atendimento a Pacientes Especiais (NAOPE).

Todos os locais alvos do estudo pertencem ao grupo A da classe de poder público dos grupos tarifários da Amazonas Energia S/A (Ame) com exceção do NAOPE e NPJ, pertencente ao grupo B de mesma classe. Os dados com as características dos consumidores constam na tabela 1.

	Grupo	Horário	Energia consumida* (kWh)	Faturas mensais*
ESA	A	Verde	112200,00	R\$ 62.359,76
ENS	A	Verde	42835,55	R\$22.161,39
ESO	A	Convencional	61544,00	R\$31.035,13
ESAT	A	Verde	58400,00	R\$31.737,25
POLICLINICA	A	Verde	57860,00	R\$ 34.254,65
NAOPE	B	-	4819,60	R\$3.080,31
NPJ	B	-	3440,00	R\$2.031,65

* Valor médio mensal do consumo, constantes das 12 últimas faturas.

Tabela 1- Características dos consumidores

Fonte: Levantamento dos Autores.

Buscando implementar medidas de eficiência energética para reduzir custos das faturas de energia, realizou-se um estudo de caso para os sistemas de iluminação e climatização nas respectivas escolas, pois ambos são os principais responsáveis pelo consumo de energia (CEPEL, 2014) em torno de 80%. Diante de pesquisas realizadas para alternativas mais eficientes disponíveis no mercado para a substituição dos sistemas da universidade optou-se em substituir lâmpadas fluorescentes por lâmpada com tecnologia LED de fluxo luminoso equivalente e substituir os condicionados de ar convencionais para os de tecnologia inverter de mesma capacidade de refrigeração.

O gráfico 1 ilustra o percentual de condicionadores de ar do tipo *HI-Wall* em função de suas classes após testes de eficiência do INMETRO.

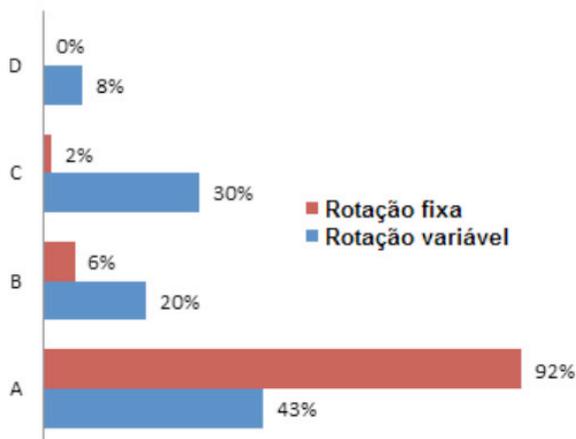


Gráfico 1 - Ar condicionados por classe de eficiência

Fonte: Elaborado a partir Inmetro (2018).

Do gráfico 1 é possível constatar que os aparelhos de climatização com compressor de rotação variável assume um papel importante na classificação de eficiência A, 92% dos Split *Hi-wall* inverter testado apresentam a maior classificação energética, logo para operar nas mesmas condições que o outro modelo os climatizadores com tecnologia inverter consomem menor potência.

A tabela 2 mostra o comparativo de eficiência entre a lâmpada LED e a fluorescente. A partir dos índices da tabela 2, é concebível a proporcionalidade entre o fluxo luminoso e a potência na fluorescente, visto que para produzir um fluxo luminoso alto requer uma potência diretamente maior, fazendo com que a eficiência energética, dada em lm/W, seja baixa comparada a eficiência da lâmpada em LED.

Tipo	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência energética (lm/W)
Fluorescente	36	2500	69,444
LED	18	2000	111,111

Tabela 2 – Eficiência energética por tipo de lâmpada

Fonte: LEDVANCE (2019).

Os valores apresentados na Tabela 2 estabelecem uma diferença evidente entre parâmetros de eficiência. A relação entre a potência e o fluxo luminoso torna possível substituir os modelos convencionais por suas equivalentes em modelos de tecnologia mais eficientes sem a necessidade de trocar a luminária e do uso de reatores eletromagnéticos.

A partir da implementação dessas medidas explorou-se em conjunto o método

quantitativo e qualitativo de engenharia econômica e decisões de projeto, descritas e detalhadas por Avila (2013). Foram aplicados indicadores financeiros, Valor Presente Líquido (VPL), *payback* descontado e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Tais indicadores têm por objetivo retornar o tempo de retorno do investimento inicial a ser feito na troca dos sistemas, correspondente ao *payback* e o ganho total com o investimento, através do VPL no qual é associado ao que denominamos de Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e corresponde a taxa mínima estabelecida que o investimento deverá produzir para ser atraente. Já o TIR é a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, se investir no projeto e receber as entradas de caixas previstas, e geralmente nas decisões de projetos é comparado a TMA estabelecida.

A Taxa Mínima de Atratividade estabelecida foi a taxa de juros do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), pois é a taxa básica de juros da economia no Brasil, utilizada no mercado interbancário para financiamento e serve de referência para outras taxas da economia (ANZANELLO & WENER, 2018).

Por meio das faturas de energia elétrica dos prédios de agosto de 2017 a julho de 2018 obtivemos as características do sistema elétrico de cada escola e demais edifícios. A coleta de dados foi realizada a partir do levantamento de carga do sistema de iluminação e climatização por intermédio de inspeção nos edifícios de modo a obter a quantidade, tipo, potência e tempo mensal de utilização das lâmpadas e condicionadores de ar.

Os dados coletados das características do sistema foram analisados de forma quantitativa onde pode-se dimensionar a participação dos sistemas de refrigeração e iluminação na potência total consumida no qual proporcionam o embasamento para estabelecer os índices financeiros do investimento no projeto de eficiência energética estabelecido mediante substituições de parâmetros por alternativas mais eficientes.

3 | RESULTADOS

As despesas com Energia Elétrica de todos os imóveis da Universidade do Estado do Amazonas, situados em Manaus, somam trezentos mil reais em média, de modo que 79% desse total são faturados do consumo de energia elétrica, gráfico 2.

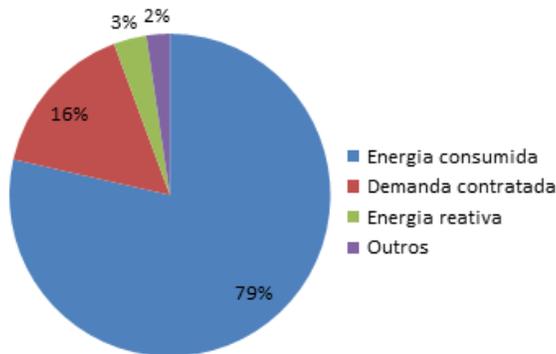


Gráfico 2 - Fatura detalhada para consumidores do grupo A

Fonte: Faturas período de agosto de 2017 a julho de 2018 – Ame.

O gráfico 2 indica os principais responsáveis pelas despesas de faturamento em energia elétrica dos locais pesquisados, onde a demanda contratada corresponde a um percentual significativo de 16%, esse valor trata-se da demanda de potência ativa a ser continuamente disponibilizada pela concessionária e que deverá ser integralmente paga. A NAOPE e o NPJ enquadram-se no grupo B e por consequência não pagam demanda contratada nem energia reativa assim seu faturamento é proveniente apenas da quantidade de energia consumida. Por outro lado, a ESA e a POLICLÍNICA pagam em energia reativa, respectivamente, R\$ 4.735,44 e R\$ 1.547,76, em média, correspondente a 8% e 5% de suas faturas. Por sua vez, a ESAT chega a 4% e a ENS com 2%.

A partir do levantamento quantitativo nos subsistemas foi dimensionado suas respectivas participações na energia total consumida das escolas. Nesse âmbito as lâmpadas fluorescentes de 40 W são as mais utilizadas na instituição, por conseguinte elas impactam diretamente o consumo de energia. Além de sua própria potência há também o consumo dos reatores magnéticos ou eletromagnéticos, que tanto crescem no consumo de energia ativa como também geram energia reativa no sistema.

De mesmo modo, no sistema de climatização utilização de ar condicionados do tipo convencional, de rotação fixa, é maioria absoluta. A grande quantidade desses eletrodomésticos na instituição assim como sua alta potência de operação contribui para assumir a maior parte do consumo de energia, conforme o gráfico 3 que mostra uma média do percentual de cooperação de cada subsistema no consumo total de energia elétrica da universidade.

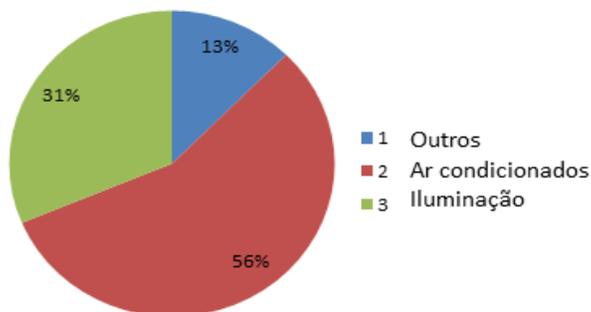


Gráfico 3 – Parcela dos subsistemas na energia consumida.

Fonte: Compilação dos autores.

Analisando o Gráfico 3, verifica-se que 56 %, correspondem ao consumo de energia do sistema de climatização médio nos locais pesquisados. Os aparelhos condicionadores de ar da instituição possuem uma carga térmica elevada por se tratar de um ambiente escolar onde o número de pessoas em um mesmo ambiente é grande. Uma alta carga térmica corresponde a uma potência elétrica de operação maior que juntando as altas temperaturas da cidade de Manaus, cerca de 42 °C em dias mais quentes, consomem mais energia.

Diante dos parâmetros estabelecidos para tornar eficiente o sistema, os valores calculados para a substituição sugerida, constam na Tabela 3, com a energia consumida em kWh das escolas e prédios administrativos.

	Iluminação		Climatização	
	Atual	Proposto	Atual	Proposto
ESA	13342,59	8697,42	51400,80	28784,45
ENS	5973,62	2699,32	26458,93	14817,00
ESO	8122,93	4557,71	34996,69	19598,14
ESAT	9049,81	5959,03	33333,49	18666,76
POLICLINICA	7759,46	3853,66	40597,20	22734,43
NAOPE	842,24	379,01	2624,47	1469,71
NPJ	187,12	84,20	2215,95	1240,93

Tabela 3 – Consumo Atual e Proposto em kWh

Fonte: Elaboração dos Autores

Analisando os resultados obtidos, Tabela 3, verifica-se a redução nos subsistemas após as mudanças de eficiência propostas por meio dos cálculos do consumo de energia

levando em consideração o mesmo tempo para as mesmas características de ambientes, no sistema de iluminação ocorreu uma redução de cerca de 47% da potência consumida enquanto que no sistema de refrigeração teve uma redução de 44%, conforme o dimensionado da carga.

NPJ foi o que mais reduziram seus consumos de energia, de um total de 2403,7kWh para 1325,136kWh, porque não possuíam nenhuma lâmpada em LED em seu subsistema de iluminação, dando a possibilidade de reduzir em quase 50% da potência de seu sistema atual. Por outro lado, a ESAT e a ESA obtiveram as menores reduções, cerca de 34% e 35%, respectivamente, pois seus subsistemas já possuíam um número significado de lâmpadas em LED de 20 W nos lugares das de 40 W. O valor de 44% do sistema de climatização corresponde ao percentual médio fornecido pelos fabricantes, podendo variar de acordo com a temperatura e outros critérios técnicos que tanto podem aumentar a economia quanto diminuir dependendo do tipo de consumidor (LG, 2018).

Para a troca dos equipamentos foi realizado um levantamento de preços e feito uma média não probabilística dos dados coletados. Nas tabelas 4 e 5 estão os preços médios das lâmpadas e condicionadores de ar bem como o preço médio para suas instalações.

BTU	Preço	Instalação
12000	R\$ 2.136,75	R\$ 769,00
18000	R\$ 3.001,50	R\$ 825,00
22000	R\$ 3.328,75	R\$ 989,00
24000	R\$ 3.733,89	R\$ 989,00
30000	R\$ 6.074,14	R\$ 1.039,00
36000	R\$ 7.927,67	R\$ 1.099,00
48000	R\$ 10.306,50	R\$ 1.259,00
60000	R\$ 13.068,00	R\$ 1.259,00

Tabela 4 – Preço médio Ar condicionado *inverter*

Fonte: Levantamento dos autores, dados coletados em dez/2018.

Tipo	Preço	Instalação
TUBULAR 18 W 120 cm	R\$ 21,20	
TUBULAR 9 W 60 cm	R\$ 13,26	R\$ 18,00
Compacta 15 w	R\$ 30,40	
Compacta 5 w	R\$ 27,00	

Tabela 5 – Preço médio lâmpadas LED

Fonte: Levantamento dos autores, dados coletados em dez/2018.

A partir do levantamento de preços definidos é possível realizar uma análise econômica entre a troca dos sistemas convencionais para os sistemas energeticamente

mais eficientes.

Na Tabela 6 estão os valores calculados dos indicadores financeiros para trocar uma lâmpada fluorescente de 40W por uma lâmpada de 18W com uso de 240 hora/mês para um consumidor do grupo A com base na tarifação da AmE-2017 Resolução homologatória N° 2.337 de ANEEL (2017). A taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada no cálculo do valor presente líquido (VPL) foi a do SELIC de 6,5% anual correspondente ao mês de maio do ano de 2019 (RECEITA FEDERAL, 2019). O consumo do sistema atual e do proposto são de respectivamente, em reais, 6,27 e 2,82. A vida útil da lâmpada levada em consideração no cálculo foi de 25.000 horas resultando em um tempo de vida útil do sistema de 120,77 meses a partir de um investimento inicial de R\$21,20 com instalação de R\$18,00 com base nas pesquisas de mercado realizadas.

Analogamente, na Tabela 7 estão os valores calculados para a substituição dos equipamentos do sistema de climatização de tecnologia convencional por um de tecnologia inverter com uso de 240h/mês. A taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada também foi a do SELIC em maio/2019. O consumo do sistema atual e do proposto são de respectivamente, em reais, 252,56 e 141,43. A vida útil da lâmpada levada em consideração no cálculo foi de 10 anos resultando em um tempo de vida útil do sistema de 120 meses a partir de um investimento inicial de R\$ 3.001,50 com instalação de R\$825,00 com base nas pesquisas de mercado realizadas.

Características do Sistema de Iluminação						
Período	Indicadores financeiros					
	0	1	2	...	119	120
Economia do período	-R\$39,20	R\$ 3,45	R\$ 3,45	...	R\$ 3,45	R\$3,45
Valor presente	-R\$39,20	R\$ 3,43	R\$ 3,41	...	R\$1,85	R\$ 1,84
Fluxo de caixa	-R\$39,20	-R\$35,77	-R\$32,36	...	R\$ 265,09	R\$266,93
VPL	R\$266,93					
Payback descontado	11,75841	0,979867515				
TIR descontado	8,22%					

Tabela 6 – Indicadores para troca de uma lâmpada LED

Fonte: Elaboração dos Autores.

Características do sistema de climatização						
Período	Indicadores financeiros					
	0	1	2	...	119	120
Economia do período	-R\$ 3.826,50	R\$ 3,45	R\$ 3,45	...	R\$ 3,45	R\$3,45
VP	-R\$3.826,50	R\$ 3,43	R\$ 3,41	...	R\$1,85	R\$ 1,84
Fluxo de caixa	-R\$ 3.826,50	-R\$35,77	-R\$32,36	...	R\$ 265,09	R\$266,93
VPL	R\$ 6.043,14					
Payback descontado	38,088708	0,979867515				
TIR descontado	2,26%					

Tabela 7 - Indicadores para ar condicionado inverter

Fonte: Elaboração dos autores.

A troca de uma única lâmpada gera uma economia mensal de R\$ 3,45 que ao longo de um período estimado de vida do sistema de 120 meses gerará um lucro, Valor presente líquido, de R\$266,93 de tal modo que o investimento será pago em 11,75 meses correspondendo a uma Taxa Interna de Retorno de 8,22%, ou seja, muito maior que a Taxa Mínima de Atratividade estabelecida tornando, a troca de apenas uma lâmpada em LED economicamente e energeticamente executável.

A taxa interna de retorno do condicionador de ar também foi maior que a Taxa mínima de atratividade. Embora menor que o TIR da LED ainda é um investimento economicamente e energeticamente possível. A taxa inferior é consequência do alto valor de aquisição do aparelho de tecnologia *inverter* no qual levava mais tempo para ser pago tornando o *payback* maior e o TIR menor.

Nas Tabelas 8 e 9 estão os valores encontrados dos indicadores financeiros dos sistemas de iluminação e de climatização, respectivamente, das escolas e prédios administrativos da Universidade do Estado do Amazonas.

Prédio	TMA	Investimento	VP	VPL	Payback descontado	TIR
ENS		-R\$ 32.307,25	R\$ 1.522,17	R\$ 101.748,22	22,60851654	4,13%
ESA		-R\$ 78.102,41	R\$ 2.117,64	R\$ 109.975,40	41,109830	2,05%
ESO		-R\$ 23.088,80	R\$ 1.460,10	R\$ 102.420,96	16,5771095	5,75%
NAOPE	0,54%	-R\$ 4.127,60	R\$ 279,98	R\$ 19.367,33	15,38656343	6,22%
POLICLINICA		-R\$ 35.648,00	R\$ 1.876,02	R\$ 115.411,45	20,07239559	4,69%
ESAT		-R\$ 39.458,05	R\$ 1.452,70	R\$ 89.563,32	29,38701962	3,09%
NPJ		-R\$ 2.805,53	R\$ 62,20	R\$ 2.926,55	51,85530428	1,50%

Tabela 8 – Indicadores financeiros troca pelo sistema mais eficiente de iluminação

Fonte: Elaboração dos Autores

Prédio	TMA	Investimento	VP	VPL	Payback descontado	TIR
ENS		-R\$ 483.494,30	R\$ 5.595,31	R\$ 9.276,58	116,8485092	0,04%
ESA		-R\$ 1.444.941,91	R\$ 13.143,97	-R\$ 277.561,83	-	-0,38%
ESO		-R\$ 437.076,17	R\$ 6.306,32	R\$ 118.312,04	87,12835024	0,47%
NAOPE	0,54%	-R\$ 68.174,29	R\$ 872,43	R\$ 9.310,25	100,9083386	0,24%
POLICLINICA		-R\$ 588.000,00	R\$ 8.540,80	R\$ 170.550,45	85,70434024	0,50%
ESAT		-R\$ 752.945,50	R\$ 6.893,51	-R\$ 140.698,93	-	-0,38%
NPJ		-R\$ 90.584,17	R\$ 589,30	-R\$ 38.685,33	-	-0,93%

Tabela 9 – Indicadores financeiros troca pelo sistema mais eficiente de climatização

Fonte: Elaboração dos Autores.

Os indicadores financeiros, Valor Presente Líquido, ou ganho, e Taxa Interna de Retorno, resultaram valores positivos para as propostas de intervenção no sistema de iluminação, a TIR de todas as escolas e prédios foram superiores à Taxa Mínima de Atratividade, onde a NAOPE ficou com a maior taxa, 6,22% e com o menor payback de 15,38 meses. O ganho final, VPL, apresentou-se no total de R\$ 19.367,33 com um investimento inicial de apenas R\$ 4.127,60. O maior faturamento, ocorreu na policlínica e na ESA onde o tempo para pagar o investimento foi os dois maiores em comparação aos outros, com 20,07 e 41,10 meses.

Os índices financeiros da substituição dos equipamentos de climatização apresentaram TIR ruins em comparação a SELIC estando contemplados numa faixa de -0,93% até 0,5%. A obtenção negativa inviabiliza a realização das trocas como proposta de eficientização do sistema de prédios, pois o valor total a ser investido supera grandemente a economia proporcionada. No período estabelecido dos equipamentos corroboram para a ineficácia econômica deste projeto. Os prédios da ESA, NPJ e ESAT não retornaram saldo positivo no Valor Presente Líquido em função da economia oferecida não quitar o valor total investido ao longo do período de vida útil deste estudo. A substituição não se apresenta atrativa nesse cenário, mas com a popularização da tecnologia os preços tendem a baixar e o investimento pode vir a ser viável.

4 | CONCLUSÃO

Neste estudo, a porcentagem de consumo dos sistemas de climatização e iluminação foram estimados por visitas técnicas e seu resultado impacta diretamente na precisão dos índices econômicos obtidos evidenciando que o dimensionamento correto é vital e crítico para o desenvolvimento da pesquisa. Além disso, a economia gerada pelo ar-condicionado de tecnologia inverter varia de acordo com o fabricante.

A substituição imediata de um sistema de iluminação convencional mostrou-se favorável em todos os casos estudados tendo sua menor taxa de retorno calculada em 1,5% ao mês apresentando-se três vezes maior que a taxa mínima mensal de atratividade

estabelecida pelo Banco Central Brasileiro no qual foi utilizado para esse estudo.

A troca para o sistema de climatização não foi viável em nenhum dos prédios estudados, a maior taxa interna de retorno apresentada foi de 0,5% não superando a escolhida como mínima no projeto, isso se deve ao fato do alto investimento para aquisição de um número elevado de aparelhos de condicionadores de ar na instituição de ensino em que o estudo foi realizado. No entanto a substituição unitária do condicionador de ar do tipo tradicional pelo inverter é favorável e apresenta ganhos de investimento positivos assim como uma Taxa Interna de Retorno acima da Taxa Mínima de Atratividade tornando a substituição gradativa uma opção de investimento lucrativa e viável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários (PROEX/UEA), pelo suporte financeiro e ao apoio técnico e profissional dos funcionários e professores da Universidade do Estado do Amazonas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa n. 414**. ANEEL, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa n. 800**. ANEEL, 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória Nº2.337**. ANEEL, 2017. Disponível em: <<http://www.eletronbrasamazonas.com/cms/wp-content/uploads/2017/02/RESOLU%C3%87%C3%83O-HOMOLOGAT%C3%93RIA-N%C2%BA-2.337-DE-31-DE-OUTUBRO-DE-2017..pdf>> Acesso em 30 abril 2019.

ANZANELLO, Jose David. WERNER, Liane. **Análise de viabilidade econômica da implantação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica na cidade de Porto Alegre**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, 2018.

AVILA, Antonio Victorino. **Matemática financeira e engenharia econômica** / Antonio Victorino Avila; Florianópolis. "Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil – UFSC", 2013.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL. **Guia para eficientização energética nas edificações públicas**. Versão 1.0. Coordenador Ministério de Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Gráfico 1. **Condicionadores de ar split hi-wall 2018**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indicenovo.pdf> Acesso em 20 maio 2019.

LEDVANCE. Catálogo LED 2019. Tabela 2. **Lâmpadas Osram e Luminárias Ledvance**. Disponível em: <https://www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/00_ledvance_catalogo_led_2018_-_dezembro.pdf> Acesso em 20 maio 2019.

LG. **Catálogo Ar condicionados** 2018. Disponível em: <https://www.lg.com/br/ar-condicionado/conteudo-extra/20917_LG_Take_One_Line_Up_Cond_de_Ar_23-03.pdf> Acesso em 03 fev. 2019.

LIMA, Lucas F. **Estudo de eficiência energética em aparelhos de condicionadores de ar e técnicas para redução de carga térmica nas edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 9.Ed. Rio DE Janeiro. Editora LTC. 2017.

MILTON, Cesar Silva. et al. **Eficiência energética: teoria & prática**. 1.Ed. Minas Gerais. FUPAI, 2007.

MOREIRA, Helena Margarido. GIOMETTI, Ana Lúcia Bueno. **O Protocolo de Quioto e as Possibilidades de Inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de Projetos em Energia Limpa**. Rio de Janeiro, 2008.

RECEITA FEDERAL. Ministério da Economia. **Taxa de juros SELIC**. Disponível em: <<http://receita.economia.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>> Acesso em 12 fev. 2020.

SANTOS, Talía Simões dos et al. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 595-602, dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000400595&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 02 mar. 2020.

VASCONCELOS e LIMBERGER. **Iluminação eficiente: iniciativas da Eletrobrás PROCEL e parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobrás PROCEL, 2013.

ANALYSIS OF PRECIPITATION IN BELÉM-PA CITY (PERIOD 1967-2016)

Data de aceite: 01/12/2022

Ronaldo Rosales Mendoza

Department of Environmental Sciences,
Federal University of Pará, Brazil

ABSTRACT: The objective of the study was to analyze the precipitation behavior in the city of Belém do Pará (1st 49'S and 48°49'W), between 01/01/1967 and 12/31/2016, the daily data of the National Institute of Meteorology (INMET), are grouped by decades, years and months, to identify the largest and smallest rainfall in the period. Using the percentile technique, events with an upper value of 63mm, considering k-eximo of 0.99, were separated, defining a limit for the study of extreme events and verifying the variation during the period. The results showed a tendency of growth of the amount of average precipitation in the last five decades; however, in the last decade it presents a significant drop, where the precipitation reached 16.9mm. Previous studies indicate that these variations in the precipitation of the city of Belém (PA) are little influenced by the phenomenon of Niño (EN and LN). Concluding that the Intercropical Convergence Zone (ICIT) and the Instability Line (LS) are the main

modulators of precipitation in Belém (PA). The precipitation behavior is similar to the parameters: Southern oscillation index (IOS), quasi-bienial oscillation (OQB) and CIIFEN Atlantic Thermal Index (ITA), which refer to global climate change conditions.

KEYWORDS: Urban climate, el niño, la niña, ZCIT.

INTRODUCTION

The world's climatic conditions are diverse; in addition, populations and economies evolve according to the limits of vegetation distribution, rainfall and temperature. Köppen in 1918 classified the planet in bio-climatic zones, with names: tropical rainy, subtropical, temperate rainy, cold and polar forest (KOTTEK et al., 2006). Thanks to each bio-climatic zone, ecosystems contribute goods and services to mankind, which allow the existence of a very large biodiversity, thus allowing man to satisfy his needs.¹ To this respect, Morris (2012) mentions that, historically, man has preferred to develop his activities near the rivers, because it is where he

finds easy access to water for consumption and hygiene, mainly. However, the climatic conditions in the last decades have presented adverse situations for the humanity. In the records available in the international disaster database, Emergency Events Database (EM-DAT) show that events related to climatology, meteorology and hydrology have changed generating concern worldwide, mainly related to human and economic losses. Then, in the relationship between man and water resources, the water resource in the same way as an ally can become a “hazard”, a hazard is defined as: “the risk of an uncertain and uncertain relationship that may affect or even affect upsetting a population in their environment, in the routine or way of life, “These hazards are not only natural has a population-environment relationship, observed thus, by the Engineers of the United States of America in 1993, when presenting the construction of dams, irrigation and navigation systems as solutions to flood problems, proposals that still leave important gaps.²

Risks have been studied including different perspectives, such as hydrology, climate change, extreme events, and vulnerability. Grosso (2010) mentions that there is a need to articulate a set of actions aimed at reducing risks in urban areas, associated with support and prevention systems, in order to assist municipal management activities, in accordance with the urbanization programs of areas more vulnerable and with low infrastructure. These observations are the basis for generating research actions and directing economic resources, and tackling climate change with increasing population.³ For management in water management and environmental management are interrelated activities and can affect institutional arrangements inserted in one or other practice, including in management the collection by the use of both waters and soil.⁴ Using information from eight South American countries,⁵ present sustainable solutions to a problem that generates many losses in society, such as floods. They also indicate that the development of land use (urbanization) is a key factor in impacts on water systems and urban water management. And there are different interactions between the mechanisms of supply, sanitary sewage, urban drainage and river floods and solid waste, in addition to waterborne diseases. In this way, the management of water resources must be conducted in a systemic way, in order to guarantee the supply of water in sufficient quantity and quality to meet the needs of society.¹ Therefore, the interactions between human interventions and the natural environment within river basins must be considered. For water, besides representing an essential resource for life and human society is also a common denominator in any analysis and evaluation of the environment and the natural, terrestrial and aquatic resources of a region.⁶ Therefore, these conditions force the evolution of policies and laws to manage these resources, considering also that human actions have consequences. These actions overlap borders, so it is important to build international dialogue that overcomes fragmentation, complex systems, scale disagreement, uncertainty, spaces and climate change.⁷

Climate change is the result of several factors, including anthropogenic actions. In the anthropogenic actions, the man when making use of the natural resources ends up polluting

the air, rivers and oceans generates a series of diseases the population. Natural factors are the inclination of the Earth's axis relative to the Sun and its orbit, the distribution of the continents, the availability of sources of moisture, relief, vegetation, and animal species. So it is important to know the relationship between the factors and try to find proposals that help in the coexistence of Man-Nature, coexistence called "adaptation".^{8,9} Adaptation to climate change is approached from different perspectives, both from natural conditions and from population development. However, they present difficulties of understanding and understanding among professionals, scientists, researchers, and especially the population. With different positions the discourse on climate change and the socioeconomic problem.^{10,11}

The city of Belém do Pará was selected for the study because of the availability of data and ease of observation of events occurring in the city. The city of Belém was born from a privileged position at the entrance of the Amazon, initially exploited by military strategy and timely trade. The Ver-o-Peso market is an icon because it has prospered the mercantilism and development of the city. The commercialization of rubber in the period 1850-1920 gave rise to several improvements in infrastructure, the most significant of electric light, with the decline of Brazilian rubber to the detriment of Malaysian rubber, the economy declined. Other interventions in the infrastructure of the city of Belém, such as the improvement of the Boulevard da Republic, the implementation of a US naval base in exchange for the levee system to level and mitigate the effects of the tides, basic sanitation and construction of the Belém-Brasília highway was a product of its role in the international context.¹²

Nowadays, the city full of vertical condominium buildings grows both in population and in infrastructure, where new and remodeled buildings intend to harmonize and compete in the local market. The growth and development of the population brought favorable conditions both for the growth of the vehicular fleet and for problems of sanitation, coexistence, security, health, etc., typical of the great cities of the world. The change in the use of soil proves the registration of a reduction of the vegetal cover, caused mainly by the advance of the human occupation, that contributes to intensify the formation of heat islands in the occupied areas this increase of the temperature allied to the stopped water favors the proliferation of vectors of parasitic diseases.^{13,14} The infrastructure works thought to be insufficient before the reality, complicating the response of social attention, medical, and work. All this results in an operational chaos, which coexists with natural climatic conditions such as precipitation that constantly threaten the population, with floods and other problems observed by the World Water Assessment Program.¹⁵ For example, Santos,¹³ Dos Santos & ROCHA¹⁴ show that the basin of the Quintino Bocaiúva canal has a drainage system incompatible with its current characteristics, 79.26% waterproofed, presenting a very low index according to the classification of Sthraler¹⁶ and that becomes susceptible to floods and floods, also observes the precarious conservation of the canals.¹³ The objective of the study was to analyze the precipitation in the city of Belém from 1967 to 2016, identifying the behavior of extreme events, quantity, frequency, and volume of precipitations, with monthly,

annual and for decades results.

MATERIAL AND METHODS

The city Belém, capital of the state of Pará, Brazil (Figure 1), located on the banks of Guajará Bay (lat.01° 26'06"S; long.48° 26'16"W and at a distance of approximately 100km from the Atlantic Ocean, is bathed by the Guamá River to the south, Guajará Bay and the Pará River to the west. Belém comprises an area of 1,059.00 km² and has a population of 1,526,423 inhabitants according to the 2010 Census. Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2010). The average temperature is 26°C, prevailing northeast wind with an average speed of 10km/h, relative humidity of 87%, was founded in 1616 and has an elevation above sea level of 16 meters. The precipitation events were analyzed with data from the National Institute of Meteorology (INMET),¹⁷ (1st 49'S and 48°49'W) Data were grouped by day, month and year, from 01/01/1967 to 31/12/2016. The percentile technique was used to identify the extreme precipitations, using Equation 1 Percentile, as suggested by Xavier et al.,¹⁸ Extreme events of daily rainfall were values greater than or equal to 62mm for Belém and 87mm for the city of Carrillo, corresponding to the ninety- ninth percentile (99%).

$$P_x = \left[F_{i-1} + f_i \frac{X - L_i}{a} \right] \frac{100}{n} = \% \quad (1)$$

Onde:

P_x =Search Percentile

L_i =Lower limit

$F_{(i-1)}$ =Accumulated absolute frequency above the percentage sought

a =Range width containing percentage

f_i =Simple absolute frequency of the desired percentage range

n =Sample size

X =Percentage sought

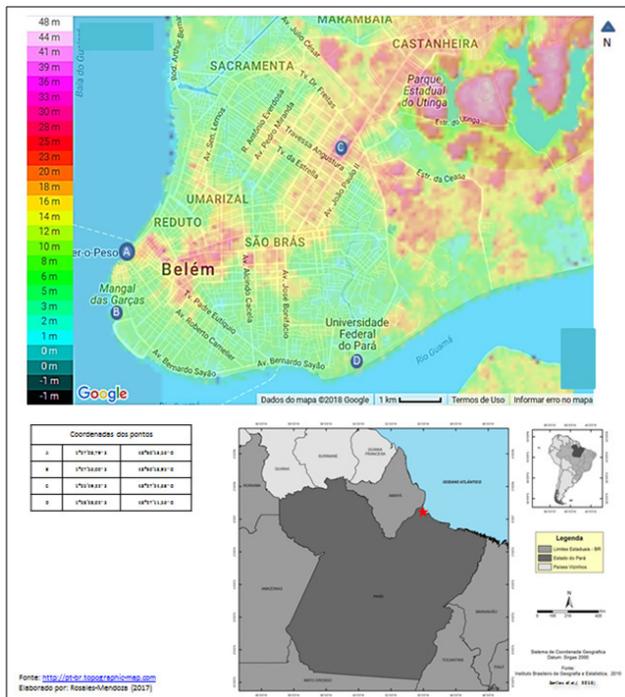


Figure 1 Representation of the topography of the city of Belém do Pará, Brazil.

Source: Prepared by the Author

RESULTS AND DISCUSSION

The data reveal the highest and lowest values of precipitation in the period from January 2, 1967 to December 31, 2016, are 200.8 and 0mm respectively (Figure 2). The mean value is 8.4mm; in the period the days that have precipitation equal to zero represent approximately 30%. The analysis centered on the observation of high precipitations, therefore, it used the percentile with a k-eximo value of 0.99 to obtain the boundary line, which is 62mm of precipitation. In the daily precipitation history, some spare points using the boundary line, the data were grouped again in multiples of 62mm, the results in Table 1. The 200 data with a precipitation equal to or greater than 62mm are shown in Figure 3. The five events with the highest precipitation occurred in 1985 (136.9mm), 2000 (133.7mm), 2005 (200.8mm), 2008 (131.4mm) and 2013 (161.20mm), the highest being that of 2005. Identify a 15-year distancing between the first event 136.9 mm in the precipitation and the second most important in the year 2000, after the period of time between 3 and 5 years, the events have a precipitation equal to or greater than 118mm precipitation (Figure 4). The precipitation growth trend of the analyzed events is approximately 0.11%, the annual history and growth (Figure 5). Taking as a limit the year 1967, it observed a tendency to growth until 1974, despite a fall from 3,315.3mm to 1,257.4mm in the year 1975, almost

immediately precipitation accumulates returns the trajectory of the growth trend with variations, but always with growth until the year 2016 (Figure 6), where it registers the less accumulated precipitation in the period of the 50 years, bigger than that observed in 1975, cumulative annual precipitation of 904.6mm. The period of intense rains begins in the month of December and extends until the month of April, decreasing in the month of May until the month of November, nevertheless the presence of rains is permanent, always has rain.

Rank PRP	Number of events	Reason
186,01 a 240	1	0,000051
124,01 a 186	4	0,000205
62,01 a 124	195	0,010003
1,01 a 62	11607	0,595414
0 a 1	7687	0,394326
Total dados	19494	

Table 1 Grouping by precipitation interval

In the last two decades the highest concentrations of rain occurred in the month of March, draws attention because in previous decades happened in the month of February. The trend and a growth rate of 6.86% in the last five decades (Figure 7). The variation of precipitation in the city of Belém do Pará, Brazil from 2000 to 2016, the annual and average monthly cumulative precipitation, it can be verified that most of the annual precipitations were above 2000(mm), with a tendency to increase. It is observed that the year 2003 presented lower annual precipitation of 2769(mm) and 2013 with the highest rainfall 3776mm. The average of 2003 was 231mm was under the influence of El Niño (EN) and La Niña (LA), while the year 2013, which was influenced by the La Niña phenomenon (LN) had the highest average precipitation of 315mm. The variation of the monthly average rainfall shows two periods:

- a. A period of less rain that goes from May to November, with months with less rain (<300mm) and
- b. A period with higher rainfall with rainfall>300mm, reaching 50mm in the month of May, it is evident that the month of May is where the highest rainfall occurs.

The precipitations of the city of Belém do Pará evidenced the influence of the ENSO that significantly altered the meteorological variables intensifying or inhibiting the convective activities in the region. Because temperatures were high and precipitation was below average in the year of El Niño, while in the year of La Niña precipitation was above the half of the period. However, annual and interannual scale oscillations appear to determine local precipitation. Rainfall in the metropolitan region of Belém presents spatial and temporal variability. We also observe instability caused by the association to the edge of a High Level

Cyclonic vortex (VCAN).¹⁷⁻²⁴ So, the precipitation of the city of Belém do Pará is influenced by the large-scale Forces of Intertropical Convergence Zone (ITCZ) because the ZCIT is more to the north of the equator, in the months of July to November, when the ITCZ is further south from the equator from December to May, the rains are higher. In addition, ENOS interferes with the amount of rainfall, since in 2003 it was under the influence of El Niño (EN) and 2013 we were influenced by La Niña (LA). The calculation of percentile with k-eximo of 99% allowed separating 46 events with value above 70 mm, it can be identified that on April 24, 2005 had the largest event with 200mm of precipitation. When analyzing extreme precipitation in the city Figure 8, it can be identified that the years 2006 and 2011(8A) had the highest concentration of extreme precipitations, in April it is the one with the highest concentration of extreme events, these high precipitations happen with some frequency between 13,15 and 29(8B). Some dates with higher pluviometric volumes coincided with local newspaper reports,²⁵ that identified and indicated the neighborhoods of Cremação, Jurunas, Batista Campos, Pedreira, Guama, Marco and Campina such as those most affected by the heavy rains. In the case of April 24, 2005, the G1 news reported the neighborhoods Cremação, São Bras and Marco with flooded streets.²⁶⁻³²



Figure 2 Historical daily precipitation.

Source: Author

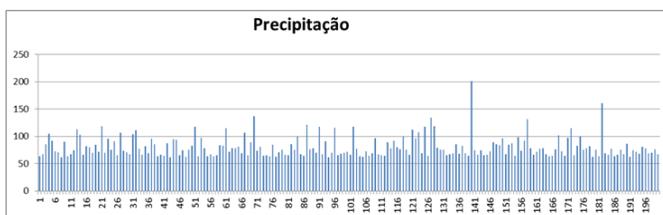


Figure 3 Extreme precipitations of the period 1967-2016.

Source: Author

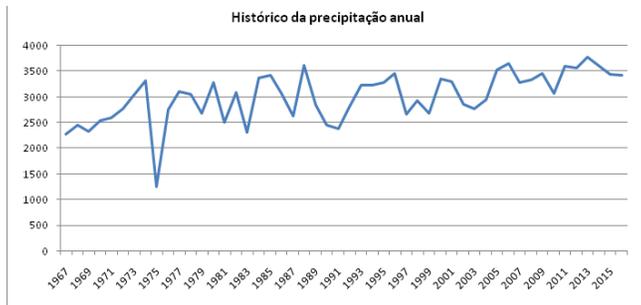


Figure 4 Periocity (A) Growth in millimeters of extreme events. (B) Comportamento das precipitações extremas.

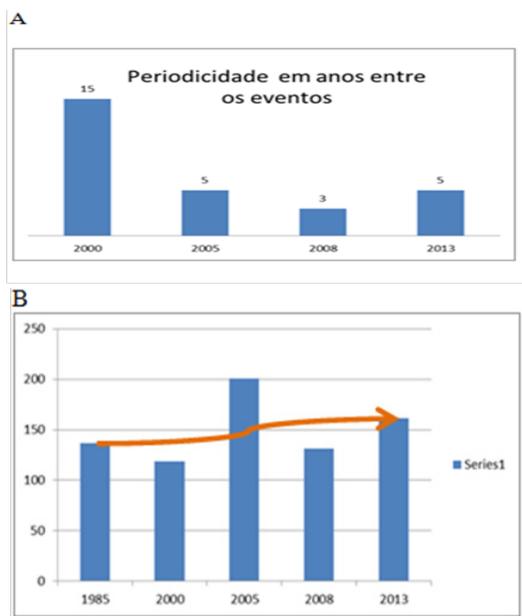


Figure 5 Histogram of precipitation in the period 1967-2016.

Source: Author

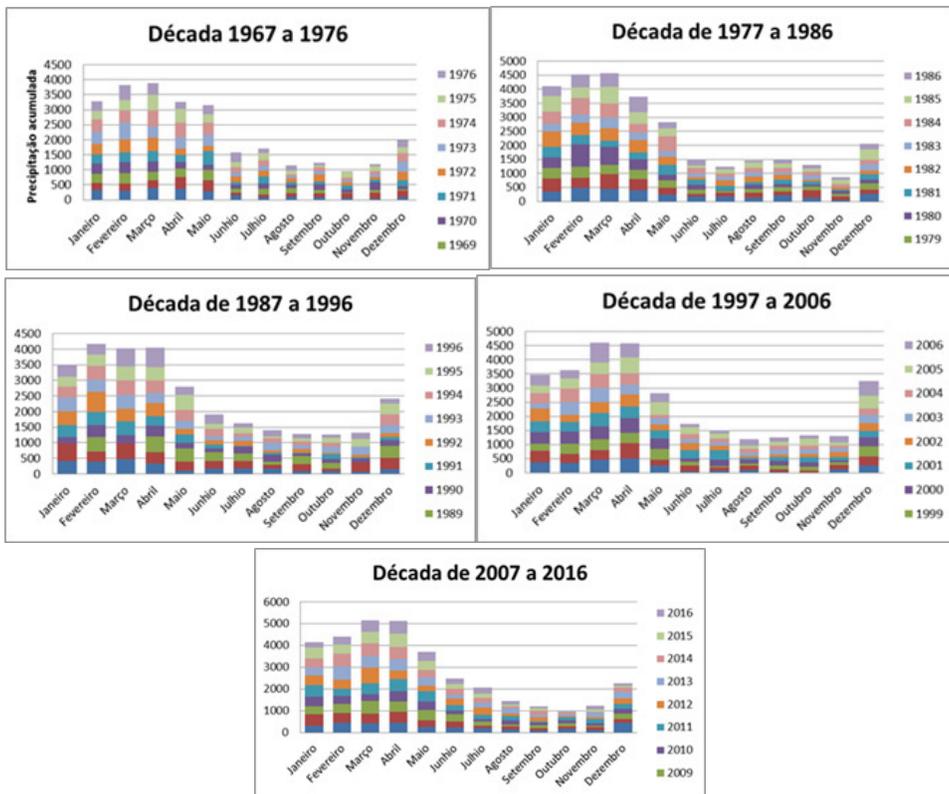


Figure 6 Histogram per decade.

Source: Author

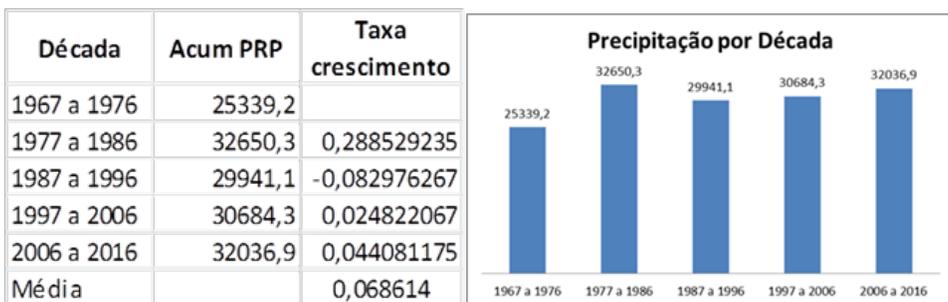


Figure 7 Representation per decade.

Source: Author

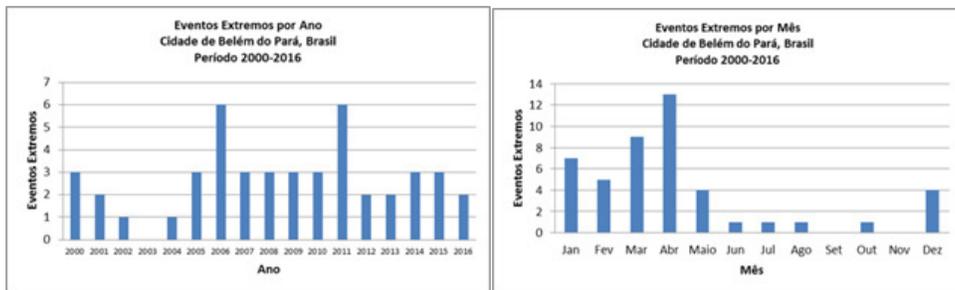


Figure 8 Extreme precipitation in the city of Belém do Pará, Brazil 2000 to 2016, (A) Extreme precipitation per year. (B) Extreme precipitation per month.

Source: Author

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The very rainy season in the city of Belém begins in December, “very rainy” because the city has rain all year round, without dry periods, influenced, due to its location south of the equator line by the ITCZ, in addition, is also influenced by ENSO, which interferes with the amount of rainfall, as observed in 2003 was influenced by El Niño (EN) and 2013 was influenced by La Niña (LA). In the month of May and the month that presents the greatest amount of extreme events due to heavy rains, due to the fact that the previous month (April) has the highest amount of precipitation, leaving the soil saturated and favoring the conditions for floods. This natural condition that favors the phenomenon of floods and increased by the development of the population, in most cases it was observed the contempt to the urban planning, constructions in or under the protection zones / areas, as a consequence drainage, ‘water without cleaning administration, generating stagnant water focus of Leptospirosis. Taking advantage of the knowledge of the precipitation behavior, it is possible to send some corrective or preventive actions in the period of less rain, to minimize the impacts of the floods in the rainy season, actions to avoid the standing waters, mainly avoiding the outbreaks of diseases to the residents. Residents should also assess the suitability of staying within vulnerable areas or areas of high risk exposure, but can only make the decision if they have been informed, in a colloquial language, with certain information like the ones used in this study. In this sense, management can value the convenience of moving settlements and placing them in areas of lesser vulnerability by planning and limiting their use. Planning should also be done for areas that have become available and available for better urban management.³³⁻³⁵

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel and to the Research Dean of the Federal University of Pará for the opportunity to carry out this study through research and funding. To INMET for making the data available. To the Organization

of American States (OAS) for the invitation to participate in the Program (PAEC-CGUB).

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare there is no conflict of interest.

REFERENCES

1. Schubart MOR. Ecological-economic zoning and water resources management. *Management of water resources and management of land use*. 1997.
2. Marandola JRE, Hogam DJ. Natural hazards: the geographical study of risks and hazards. *Environment & Society*. 2004;7(2):95-110.
3. Mcbean GA. Climate change and extreme weather: a basis for action. *Natural Hazards*. 2004;31:177-190.
4. Lanna, Antonio Eduardo. Insertion of water management in environmental management. In: Interfaces of Water Resources Management: challenges of the Water Law of 1997. *Secretariat of Water Resources*. 2000;75-108.
5. Tucci CEM, Bertoni CEM. Urban floods in South America. *Dos Autores*. 2003;1-44.
6. Postel S, Carpenter S. Freshwater ecosystem services. In: Daily GC, editor. *Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems*. *Life Sciences*. 1997;195:195-214.
7. Ryan D. Decision-making and climate change: bringing science and policy closer together in Latin America and the Caribbean. *Institute of Montana*. 2016.
8. Campbell-Lendrum DC, Corvalán C. Climate change and developing- country cities: implications for environmental health and equity. *Journal of Urban Health*. 2007;84(1):109-117.
9. Tassara ET, De O, Rutkowski EW. Climate change and global socio-environmental changes: reflections on future alternatives; 2008.
10. Brondizio ES, Moran EF. Human dimensions of climate change: the vulnerability of small farmers in the Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008;363(1498):1803-1809.
11. NOAA/NWS/CPC. South Atlantic Thermal Index (SATL). *CIIFEN 2013*. 2017.
12. Ponte JPX. Belém do Pará: city and water. *Cadernos Metrópole*. 2015;17(33):41-60.
13. Santos FAA. Urban flood and flood: an experimental model for risk assessment. 2010. 97f. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Graduate Program in Environmental Sciences (PPGCA), Federal University of Pará (UFPA); 2010.
14. Dossantos FAA, Rocha EJP. Flooding and flooding in urban areas case study: city of Belém. *Revista Geo Amazônia*. 2014;2(1):33-55.

15. Reyna A. The use of geographic information systems (GIS) in demographic analysis. *Population notes*. 2006.
16. Strahler AN. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos transactions American Geophysical Union*. 1957;38(6):913-920.
17. National Institute Of Meterology (INMET). Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP). *INMET*. 2017.
18. Xavier TM, Xavier AFS, Alves JMB. Quantiles and extreme events applications in earth and environmental sciences. *Fortaleza: RDS*; 2007.
19. Liebmann B, Marengo JA. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon basin. *Journal of Climate*. 2001;14(22):4308-4318.
20. Ferreira DBS. Extreme events of the intertropical convergence zone on the Atlantic during the rainy season of the Eastern Amazon 2008, 65f. *Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Concentration Area: Climate Physics*. 2008;1-65.
21. Moura MN, Vitorino MI. Variability of precipitation in time and space associated to the zone of intertropical convergence. *Brazilian journal of meteorology*. 2012;27(4):475-483.
22. Loureiro RS. Study of extreme precipitation events occurred in 2009 in the State of Pará. *Brazilian journal of meteorology*. 2014;29:83-94.
23. Neto AAD, Dias R. Descriptive analysis of records of evaluation of disaster damages of SEDEC. *Bahian Congress of sanitary and environmental engineering. 4 Annals... AVADAN/SEDEC*; 2016.
24. Oliveira FP, Oyama MD. Antecedent atmospheric conditions related to squall-line initiation over the northern coast of Brazil in July. *Weather and Forecasting*. 2015;30(5):1254-1264.
25. Santos MR, Vitorino MI, Pimentel MAS. Vulnerability and climate change: Socio-environmental analysis in a mesoregion of Amazonia. *Environment & Water - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. 2007;12(5).
26. NOAA. International Center for the Investigation of the Phenomenon of the Child (CIIFEN). *Oceanic Index of El Niño*. 2007.
27. NOAA. South Oscillation Index (IOS). CIIFEN; 2017.
28. NOAA/NWS/CPC. Multivariable Index of the ENSO (MEI). CIIFEN; 2017.
29. NOAA/NWS/CPC. Oscillation Quase Biennial (QBO). Pressure Level u: Zonal Wind Data (1950-2010); 2017.
30. NOAA/NWS/CPC. Long wave radiation (OLR). CIIFEN; 2017.
31. NOAA/NWS/CPC. Regions Child Anomaly of the SST. CIIFEN; 2017.
32. NOAA/NWS/CPC. Zonal wind. Pressure Level u: Zonal Wind Data (1950- 2010); 2017.

33. Coutinho, EC, Gutierrez LAL, Barbosa AJS. Variability of Precipitation in Belém-Pará Related to the El Niño and La Niña Phenomena. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2010;27(4):475-483.
34. National Biodiversity Authority. Climate change and biodiversity. *National Biodiversity Authority*. 2007;1-13.
35. Mota MAS, Oliveira MCF, Souza PFS, et al. Spatial variation of precipitation in Belém (PA) in El Niño year. III Symposium on Geographic Climatology; 1998.

ANÁLISE COMPARATIVA ESTRUTURAL ENTRE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS E LAJES NERVURADAS DE CONCRETO ARMADO POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E O SOFTWARE TQS

Data de submissão: 06/11/2022

Data de aceite: 01/12/2022

João Paulo dos Santos Lima

Engenheiro Civil pela Fundação
Universidade Federal de Rondônia - UNIR
Orientador Prof^ª. Dra. Carolina M. de
Hollanda
Porto Velho, Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1460027607441710>

RESUMO: O trabalho proposto consiste na elaboração de cálculo estrutural de lajes convencionais maciças e nervuradas de concreto armado de um edifício de cinco pavimentos, utilizando os critérios da NBR 6118 (ABNT, 2014), e realizando o comparativo do dimensionamento manual com o software TQS (Software Definitivo para Engenharia de Estruturas). A estrutura em concreto armado foi concebida em lajes maciças tipo placa e lajes nervuradas apoiadas em vigas. Para tal, foi utilizado o método da teoria das grelhas sob apoios rígidos, perpendicular aos resultados do programa computacional. Foi desenvolvido o memorial de cálculo e as plantas de detalhamento dos elementos estruturais juntamente com o diagnóstico e relatório final do programa. Para esclarecimento do dimensionamento, em sua maior parte, os cálculos foram realizados de forma

manual onde é possível identificar as teorias, aplicações e conceitos dos critérios e metodologia empregados. Também foram utilizadas planilhas eletrônicas do Microsoft Excel, para resumir e roteirizar as informações estatísticas e analíticas do devido projeto. Ao final do trabalho, os resultados obtidos no detalhamento do cálculo manual foram comparados com os resultados obtidos no sistema computacional TQS. Verificando que existem diferenças no dimensionamento dos elementos estruturais. No entanto, o software apresenta artifícios para disposição dos arranjos de compatibilidade estrutural, fazendo assim, com que as verificações distintas manifestem o grau de interpretação do profissional com base no comportamento da estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Cálculo estrutural, lajes, concreto armado.

STRUCTURAL COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN CONVENTIONAL SOLID SLABS AND REINFORCED CONCRETE RIBBED SLABS THROUGH MANUAL CALCULATION AND TQS SOFTWARE

ABSTRACT: The proposed work consists in the elaboration of a structural calculation of conventional solid and ribbed reinforced concrete slabs of a five-story building, using the criteria of NBR 6118 (ABNT, 2014), and comparing the manual design with the TQS software (Software Definitive for Structural Engineering). The reinforced concrete structure was designed in massive plate-type slabs and ribbed slabs supported by beams. For this, the grid theory method was used under rigid supports, perpendicular to the results of the computer program. The calculation memorial and detailed plans of the structural elements were developed together with the diagnosis and final report of the program. In order to clarify the dimensioning, most of the calculations were performed manually where it is possible to identify the theories, applications and concepts of the criteria and methodology used. Microsoft Excel spreadsheets were also used to summarize and route the statistical and analytical information of the due project. At the end of the work, the results obtained in the detailing of the manual calculation were compared with the results obtained in the TQS computational system. Checking that there are differences in the dimensioning of the structural elements. However, the software presents artifices for the arrangement of structural compatibility arrangements, thus making the different verifications manifest the degree of interpretation of the professional based on the behavior of the structure.

KEYWORDS: Structural calculation, slabs, reinforced concrete.

1 | INTRODUÇÃO

Os programas de projetos estruturais são classificados em: análise, desenho, dimensionamento e sistema integrado. O software de análise tem por meio a responsabilidade dos esforços solicitantes e a verificação dos deslocamentos de uma determinada estrutura; não tem por função dimensionamento de armaduras e nem gerar plantas finais com detalhamento de qualquer seção associada ao projeto. O software de desenho de plantas genéricas, são os softwares de tipo CAD (computer aided design), que são utilizados não só pela Engenharia Civil, mas por outras áreas profissionais também. O de dimensionamento são os ideais para realizar verificações estruturais dos elementos, além de mensurar um elemento estrutural - seja viga, pilar ou laje de forma separada. O sistema integrado é mais usual em todos os quesitos para projetar edificações em concreto armado, devido à sucedida forma de abranger as etapas de projeto, partindo do cálculo estrutural, detalhamento e dimensionamento das armaduras, até a plotagem das pranchas finais (KIMURA, 2007).

Neste trabalho, existirá um dimensionamento manual de lajes maciças convencionais e lajes nervuradas em concreto armado por meio de uma analogia da teoria das grelhas e serão operados os softwares TQS, AutoCAD. O TQS é um software desenvolvido por engenheiros civis que desenvolvem e comercializam softwares para projetos de estruturas

e fundações de edificações. A empresa tecnológica aplicada à engenharia, atua no Brasil desde 1986 e está presente no dia a dia de mais de 35 mil profissionais que usam um conjunto de softwares suportando arquivos de extensão DWG/DXF e gerados pelo AutoCAD, realizando importação e exportação de registros. O programa faz todo lançamento estrutural a partir da arquitetura já definida. Após projeção estrutural, se dá início à análise de resultados obtidos no processamento, o dimensionamento dos elementos estruturais e o detalhamento final da estrutura.

Importante, finalmente ressaltar que a utilização de programas computadorizados em situações reais de projeto de estruturas, requer extrema responsabilidade e experiência por parte do profissional engenheiro na sua utilização. É necessário a qualificação por parte do profissional que irá manusear o software, sendo recomendada a utilização apenas como mecanismo de auxílio ao projeto e não como uma solução definitiva estrutural.

2 | METODOLOGIA

Primeiramente, para o cumprimento dos objetivos propostos neste trabalho foi elaborado um projeto arquitetônico de uma edificação multifamiliar com altura total de 14,40m e 6 unidades habitacionais, sendo área por apartamento de 145,16m² e área total do edifício de 1.565,50m². A modulação dos panos de lajes dispostos foi feita para atender as lajes maciças e nervuradas, ou seja, vãos estabelecidos dentro dos limites estruturais de cada arranjo, (a Figura 01 apresenta as vistas panorâmicas do projeto realizado para trabalho sugerido).



Figura 01 – Vista do Projeto - Fachada e Estrutura do Edifício

Fonte: Autor, 2020.

Foram analisadas somente as lajes de um pavimento inteiro, com uma verificação usando laje convencional maciça e outra com laje nervurada apoiada em vigas. O dimensionamento do concreto armado no programa computacional seguirá as exigências da NBR 6118 (ABNT, 2014), e as demais normas de consideração de projetos de estruturas.

Para o lançamento estrutural no software TQS, foram realizados os estudos de adequação do projeto arquitetônico para definição e dimensionamentos dos elementos que compõe toda estrutura sendo: fundações, pilares, vigas, e o elemento principal de estudo, lajes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os panos escolhidos para análise e apresentação dos resultados e discussões consequentes são referentes as lajes 1,2,3,4,8,9,13,14 e 18 as hachuras na Figura 02 fazem indicação dos elementos designados.

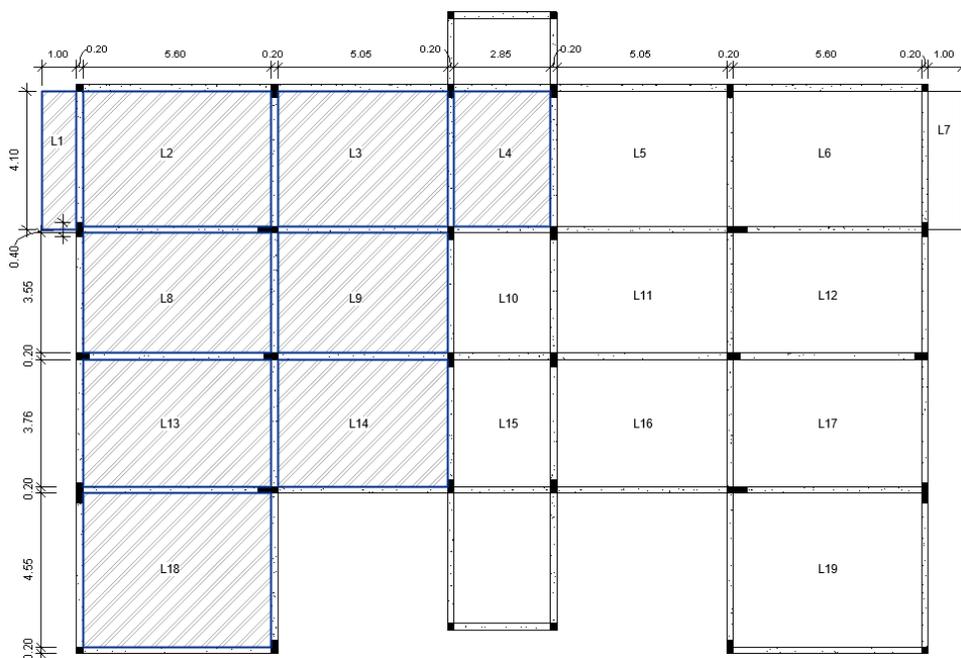


Figura 02 – Planta de Formas das Lajes Analisadas

Fonte: Autor, 2020.

A tabela 01, explicita as cargas permanentes e acidentais do projeto levantando a combinação quase permanente de serviço e as cargas acidentais conforme a ABNT NBR 6120 (rev. 2018). As cargas dispostas para projeto:

- Forro de Gesso ($0,25\text{kN/m}^2$); Contrapiso ($1,2\text{kN/m}^2$); Revestimento (1kN/m^2);
- Peso Próprio (Para L18 = $2,75\text{kN/m}^2$, e demais lajes com $2,5\text{kN/m}^2$);
- Peso da Alvenaria (L2= $0,75\text{kN/m}^2$, L3= $0,80\text{kN/m}^2$, L9= $1,3\text{kN/m}^2$).

Laje	Cargas Permanentes (kN/m²)	Cargas Acidentais NBR 6120 (kN/m²)	Classificação do Local NBR 6120
L1	4,95	2,5	Sacadas
L2	5,70	1,50	Dormitórios
L3	5,75	2,00	Área de Serviço
L4	4,95	3,00	HALL Área Comum
L8	4,95	1,50	Dormitórios
L9	6,30	1,50	Cozinha
L13	4,95	1,50	Sala
L14	4,95	1,50	Sala
L18	5,20	1,50	Cozinha/Terraço

Tabela 01 – Análise das Cargas do Projeto Dimensionamento Manual

Fonte: Autor, 2020.

A tabela 02, apresenta as cargas totais finais distribuídas nas lajes relacionando da carga de serviço final (f_d , ser) com o coeficiente de redução.

Laje	TQS (Tf/m²)	C. MANUAL(Tf/m²)
L1	0,75	0,57
L2	0,65	0,62
L3	0,70	0,65
L4	0,79	0,59
L8	0,65	0,54
L9	0,65	0,68
L13	0,65	0,54
L14	0,65	0,54
L18	0,70	0,57

Tabela 02 – Carga Quase Permanente de Serviço (f_d , ser)

Fonte: Autor, 2020.

A conferência de cargas no TQS desenvolveu-se a partir da planta de formas, a Figura 03 mostra a exemplificação das denominadas charneiras plásticas.

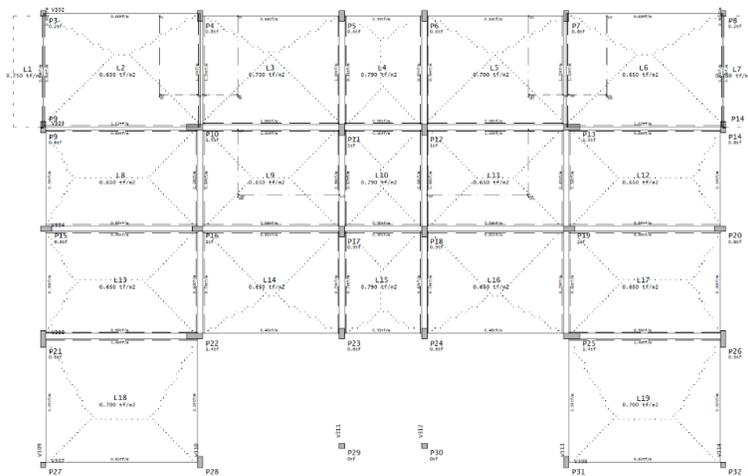


Figura 03 – Charneiras Plásticas TQ

Fonte: Autor, 2020.

O Gráfico 1, apresenta o resultado comparando a diferença da carga quase permanente de serviço com os respectivos fatores de redução aplicados no dimensionamento manual e o software TQS.

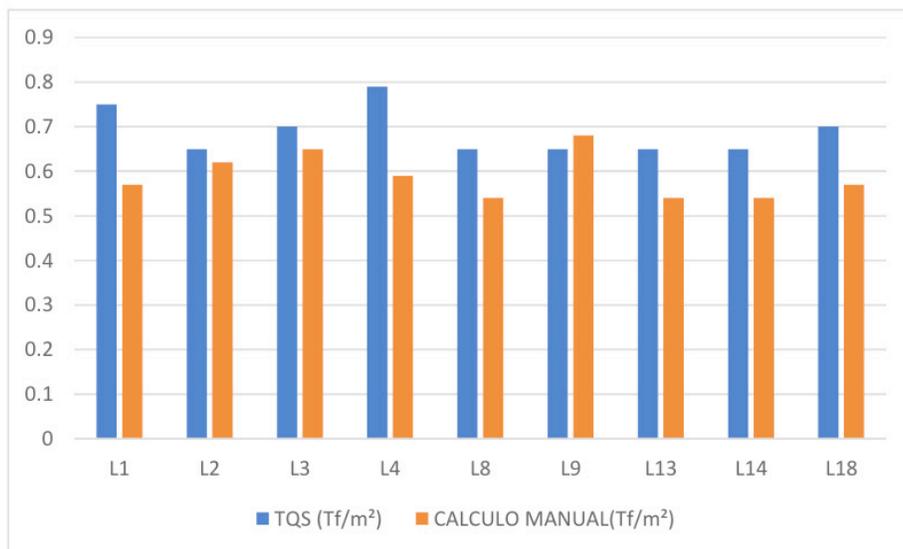


Gráfico 1 – Comparação (Fd,ser) Lajes Maciças

Fonte: Autor, 2020.

A análise da Grelha Não-Linear é apresentada na figura 04, considerando a não

linearidade física dos elementos, tendo como exemplo o pavimento tipo da edificação.

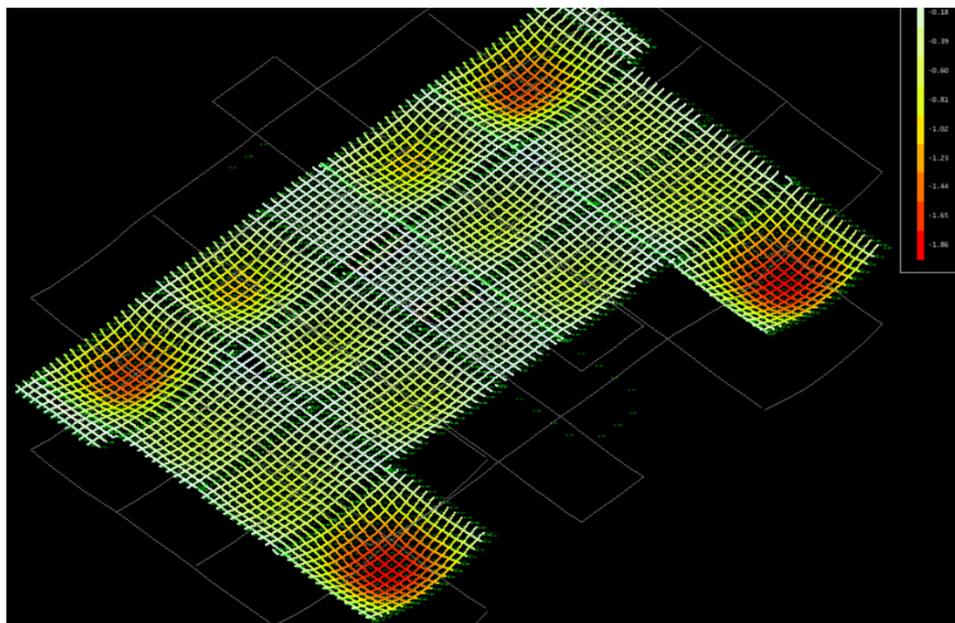


Figura 04 – Grelha Não-Linear Flechas Totais (Imediatas + Progressivas)

Fonte: Autor, 2020.

A verificação das flechas em laje, leva em conta o deslocamento total máximo e deslocamento limite, a Figura 05. Demonstra os valores obtidos na análise do TQS justificando o valor instantâneo do deslocamento no ponto de maior deslocamento. É verificado os isovalores das lajes na Figura 06, que apresentam os maiores deslocamentos de flechas na estrutura. Assim, a tabela 03, afere os valores das flechas imediatas e flechas totais comparando o dimensionamento manual com software TQS, que no gráfico 2 verifica a percentagem discrepante entre o dimensionamento manual (teoria das grelhas sobre apoios rígidos), e da grelha TQS admitindo a não linearidade física dos elementos.

Laje	L (cm)	f (cm)	f.lim. (cm)	Situação
L1	120	0.24	0.48	Passou
L2	420	-1.57	1.68	Passou
L3	420	-1.09	1.68	Passou
L4	305	-0.13	1.22	Passou
L5	420	-1.04	1.68	Passou
L6	420	-1.56	1.68	Passou
L7	120	0.17	0.48	Passou
L8	375	-0.59	1.50	Passou
L9	375	-0.70	1.50	Passou
L10	305	-0.06	1.22	Passou
L11	375	-0.67	1.50	Passou
L12	375	-0.60	1.50	Passou
L13	396.1	-0.74	1.58	Passou
L14	396.1	-0.68	1.58	Passou
L15	305	-0.16	1.22	Passou

Laje	L (cm)	f (cm)	f.lim. (cm)	Situação
L1	120	-0.22	0.48	Passou
L2	420	-0.84	1.68	Passou
L3	420	-0.46	1.68	Passou
L4	305	-0.11	1.22	Passou
L5	420	-0.46	1.68	Passou
L6	420	-0.84	1.68	Passou
L7	120	-0.22	0.48	Passou
L8	375	-0.53	1.50	Passou
L9	375	-0.35	1.50	Passou
L10	305	-0.04	1.22	Passou
L11	375	-0.35	1.50	Passou
L12	375	-0.54	1.50	Passou
L13	396.1	-0.67	1.58	Passou
L14	396.1	-0.41	1.58	Passou
L15	305	-0.11	1.22	Passou

Figura 05 – Verificação de Flechas nas Lajes Maciças e Nervuradas TQS

Fonte: Autor, 2020.

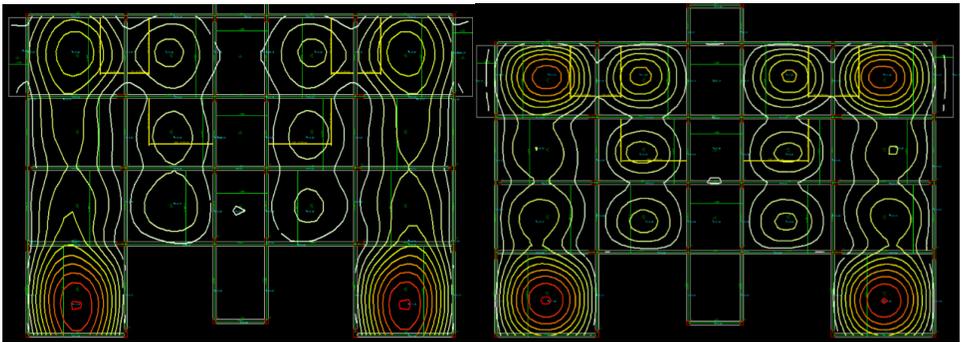


Figura 06 – Isovalores Lajes Maciças e Nervuradas TQS

Fonte: Autor, 2020.

Laje	Grelha Não-Linear (cm)		Cálculo de Flechas		Laje	Grelha Não-Linear (cm)		Cálculo de Flechas (cm)	
	Flecha Total	Flecha Limite	Flecha Total	Flecha Limite		Flecha Total	Flecha Limite	Flecha Total	Flecha Limite
L1	0,24	0,48	0,15	0,8	L1	0,22	0,48	0,09	0,8
L2	1,57	1,68	1,31	1,68	L2	0,84	1,68	0,39	1,68
L3	1,09	1,68	0,94	1,68	L3	0,46	1,68	0,28	1,68
L4	0,13	1,22	0,19	1,22	L4	0,11	1,22	0,06	1,22
L8	0,59	1,50	0,43	1,50	L8	0,53	1,50	0,15	1,50
L9	0,70	1,50	0,46	1,50	L9	0,35	1,50	0,13	1,50
L13	0,74	1,58	0,52	1,58	L13	0,67	1,58	0,18	1,58
L14	0,68	1,58	0,70	1,58	L14	0,41	1,58	0,24	1,58
L18	1,86	1,90	1,59	1,90	L18	1,48	1,90	0,68	1,90

Tabela 03 – Análise de Flechas Totais Lajes Maciças e Nervuradas

Fonte: Autor, 2020.

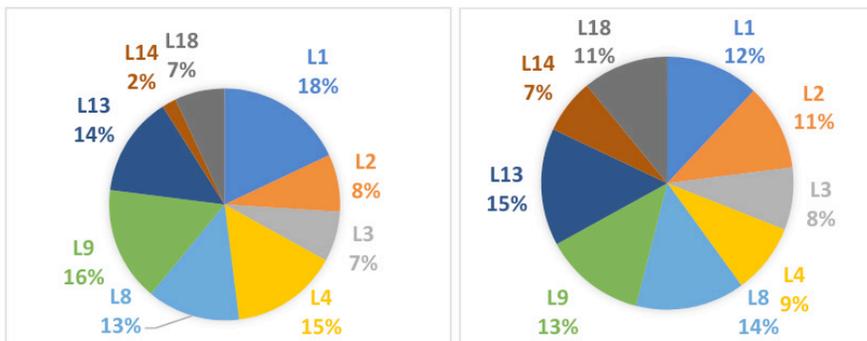


Gráfico 2 – Comparação das Flechas Manuais e Computacionais

Fonte: Autor, 2020.

Com esses resultados, resume-se que as análises dos estados limites de descolamento para as lajes maciças apresentaram cerca de 23% e para as lajes nervuradas 56% de diferença entre a análise manual e o software TQS. Seguindo para análise dos momentos atuantes, determinando os momentos fletores e aplicando as teorias de equilíbrio dos corpos rígidos, identificou-se na modelagem TQS por meio do visualizador de grelhas, conforme figura 07, que a distribuição dos cálculos é visualizada de maneira espacial. Assim, vale ressaltar a importância que os momentos negativos são praticamente nulos e nas ligações entre uma laje e outra os momentos são compatibilizados, isso para cada barra de grelha.

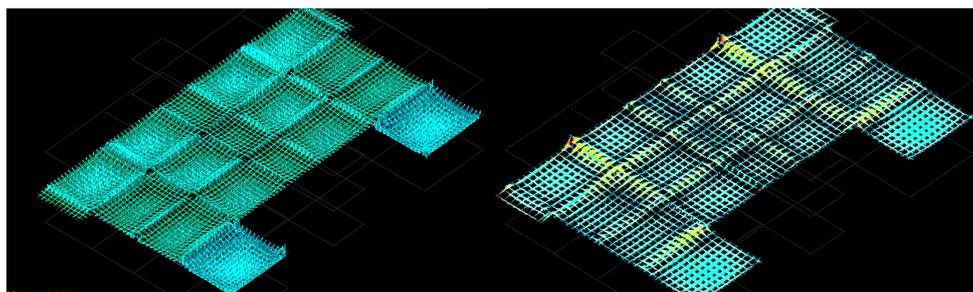


Figura 08 – Momentos Fletores Característicos TQS Lajes Maciças e Nervuradas

Fonte: Autor, 2020.

Com esses resultados, resume-se que as análises dos estados limites de descolamento apresentaram cerca de 23% de diferença entre a análise manual e o software TQS. Seguindo para análise dos momentos atuantes, determinando os momentos fletores e aplicando as teorias de equilíbrio dos corpos rígidos, identificou-se na modelagem TQS por meio do visualizador de grelhas, conforme figura 07, que a distribuição dos cálculos

é visualizada de maneira espacial. Assim, vale ressaltar a importância que os momentos negativos são praticamente nulos e nas ligações entre uma laje e outra os momentos são compatibilizados, isso para cada barra de grelha.

Continuando no critério de análise TQS, é possível verificar esses esforços mais detalhadamente nas configurações de edição de armadura. A Figura 09 apresenta a aba de edição rápida de armadura sendo possível analisar ponto a ponto cada barra de grelha. Também é possível analisar uma média das faixas, conforme Figura 10.

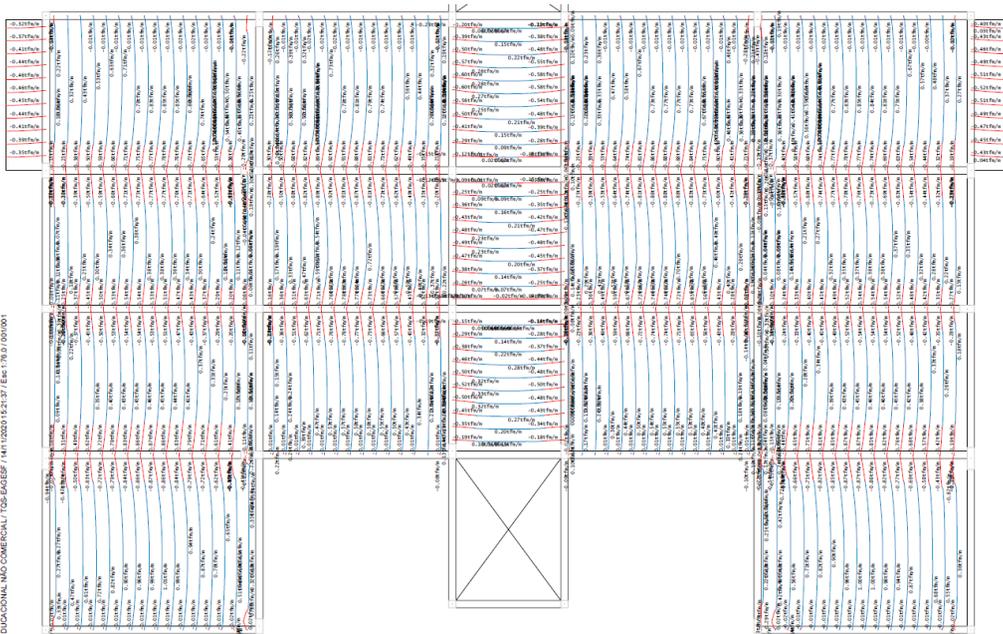


Figura 09 – Visualizador Diagramas Momentos Fletores TQS

Fonte: Autor, 2020.

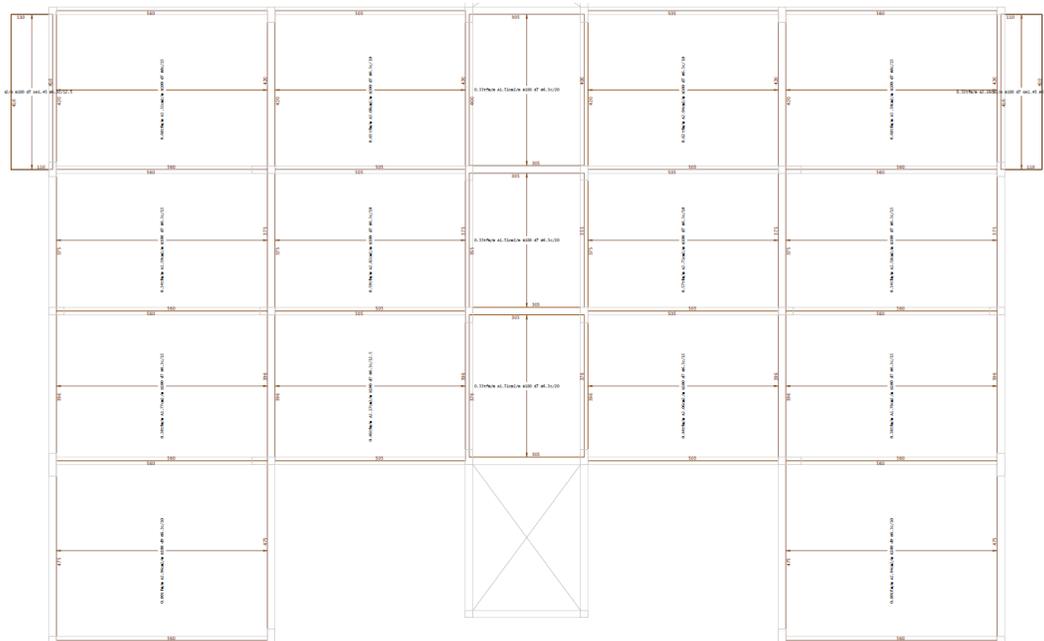


Figura 10 – Visualizador Diagramas Faixas Momento Fletores TQS

Fonte: Autor, 2020.

Os Gráficos (3 e 4) a seguir, denominam as desproporções entre os momentos positivos nas direções X e Y da análise manual (das Lajes Maciças e Nervuradas) e o TQS. Em consonância, também é possível abrir as discussões com os Gráficos (5 e 6) apresentando os momentos fletores negativos compatibilizados na direção X e Y.

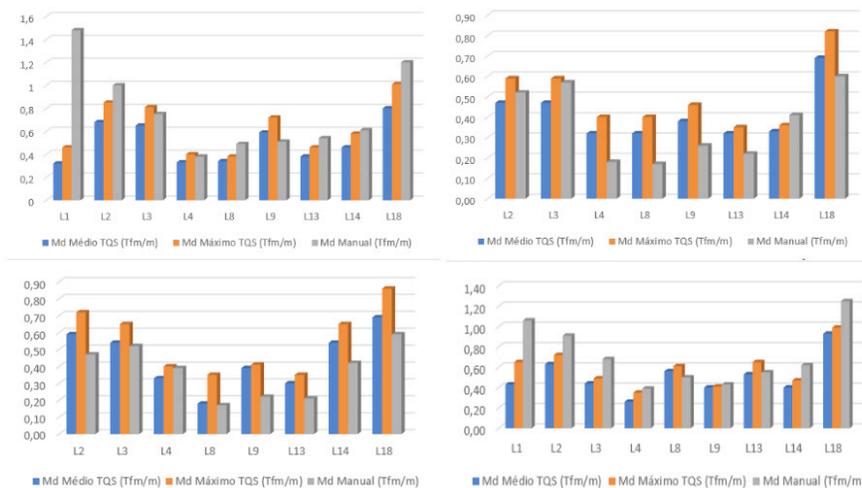


Gráfico 3 – M. Fletores Positivos na Dir. X LM e LN Gráfico 4 – M. F. Positivos na Dir. Y LM e LN

Fonte: Autor, 2020.

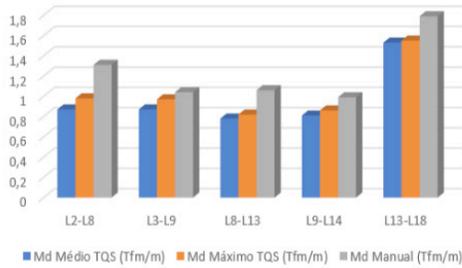
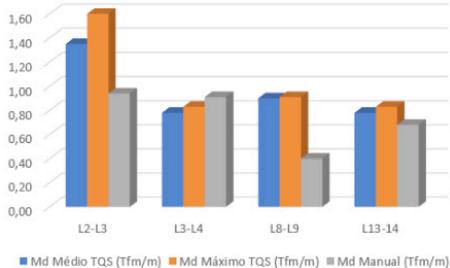
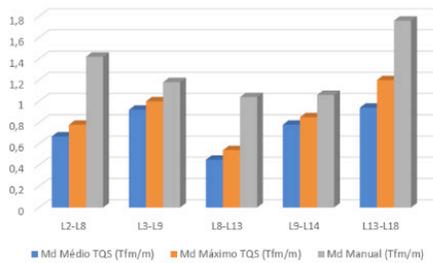
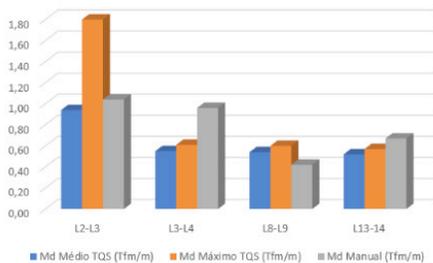


Gráfico 5 – M. Fletores Negativos na Direção X

Gráfico 6 – M. Fletores Negativos na Direção Y

Fonte: Autor, 2020.

As tabelas 04 e 05, apresentam o resumo das armaduras positivas de distribuições e as respectivas informações de detalhamento das lajes no eixo X e as tabelas 06 e 07 no eixo Y. A área de aço calculada pelo TQS, nas lajes maciças, apresenta superioridade no eixo x das armaduras positivas, mas na direção Y existe equivalências de áreas próximas e algumas lajes do dimensionamento manual se sobressaindo da análise computacional conforme os Gráficos 7 e 8, o Gráfico 9 apresenta a área de aço das nervuras da Direção Y.

LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras	LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras
L1	4,56	Ø8.0 c/11cm	117,5	6	L1	2,55	Ø6.3 c/10cm	120,0	10
L2	1,90	Ø6.3 c/16cm	588,0	25	L2	2,59	Ø6.3 c/10cm	595,0	40
L3	2,08	Ø6.3 c/15cm	533,0	33	L3	2,60	Ø6.3 c/10cm	540,0	40
L4	1,40	Ø6.3 c/22cm	313,0	18	L4	1,51	Ø6.3 c/20cm	320,0	20
L8	1,00	Ø5.0 c/18cm	588,0	19	L8	1,72	Ø6.3 c/15cm	603,0	24
L9	1,00	Ø5.0 c/18cm	533,0	19	L9	2,07	Ø6.3 c/15cm	540,0	24
L13	1,00	Ø5.0 c/18cm	588,0	20	L13	1,73	Ø6.3 c/15cm	603,0	26
L14	1,49	Ø6.3 c/20cm	533,0	25	L14	1,78	Ø6.3 c/15cm	540,0	26
					L18	2,86	Ø6.3 c/10cm	607,0	46

LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total
L2	0,63	2 Ø8.0	625,0	L2	1,03	1 Ø12.5	595,0
L3	0,47	2 Ø6.3	530,0	L3	0,44	1 Ø10.0	540,0
L4	0,27	2 Ø6.3	435,0	L4	0,36	1 Ø10.0	320,0
L8	0,35	2 Ø6.3	595,0	L8	0,57	2 Ø6.3	623,0
L9	0,30	2 Ø6.3	555,0	L9	0,40	1 Ø10.0	540,0
L13	0,60	2 Ø6.3	595,0	L13	0,71	1 Ø10.0	609,0
L14	0,60	2 Ø6.3	555,0	L14	0,86	2 Ø8.0	540,0
L18	0,87	2 Ø8.0	580,0	L18	0,95	2 Ø8.0	623,0

Tabela 04 e 05 – Dimensionamento Manual e do TQS das Armaduras Positivas na Direção Y - LM e LN

Fonte: Autor, 2020.

LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras	LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras
L2-L3	3,62	Ø8.0 c/13cm	302,0	30	L2-L3	4,78	Ø10.0 c/14.8cm	260,0	27
L3-L4	3,31	Ø8.0 c/15cm	274,5	26	L3-L4	2,62	Ø6.3 c/10cm	225,0	40
L8-L9	1,50	Ø6.3 c/20cm	302,0	17	L8-L9	2,53	Ø6.3 c/9.9cm	280,0	36
L13-14	2,25	Ø6.3 c/13cm	302,0	28	L13-14	2,46	Ø6.3 c/12.1cm	270,0	22

LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total
L1	0,22	2 Ø6.3	430,0	L1	0,30	2 Ø6.3	450,0
L2	0,33	2 Ø6.3	435,0	L2	0,55	2 Ø6.3	450,0
L3	0,60	2 Ø6.3	435,0	L3	0,97	2 Ø8.0	450,0
L4	0,12	2 Ø6.3	335,0	L4	0,33	1 Ø8.0	320,0
L8	0,12	2 Ø6.3	405,0	L8	0,33	1 Ø8.0	390,0
L9	0,15	2 Ø6.3	405,0	L9	0,37	1 Ø8.0	390,0
L13	0,15	2 Ø6.3	425,0	L13	0,33	1 Ø8.0	411,0
L14	0,29	2 Ø6.3	410,0	L14	0,51	1 Ø8.0	426,0
L18	0,41	2 Ø6.3	490,0	L18	0,66	1 Ø10.0	505,0

Tabela 06 e 07 – Dimensionamento Manual e do TQS das Armaduras Positivas na Direção X – LM e LN

Fonte: Autor, 2020.

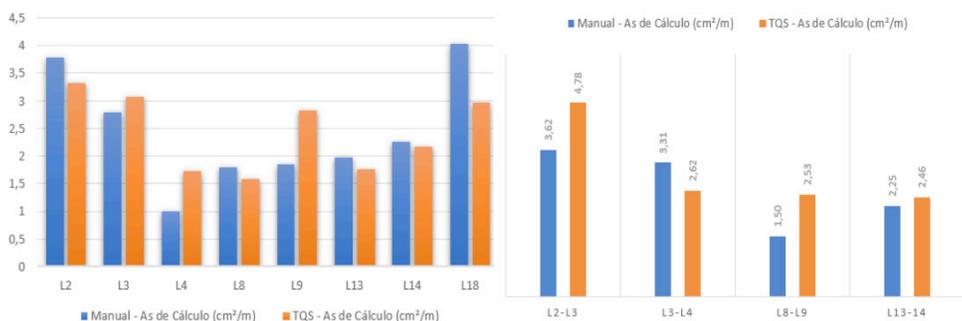


Gráfico 7 – Áreas de Aço P. das Lajes na Dir. Y I

Gráfico 8 – Áreas de Aço Negativas das Lajes na Dir. X

Fonte: Autor, 2020.

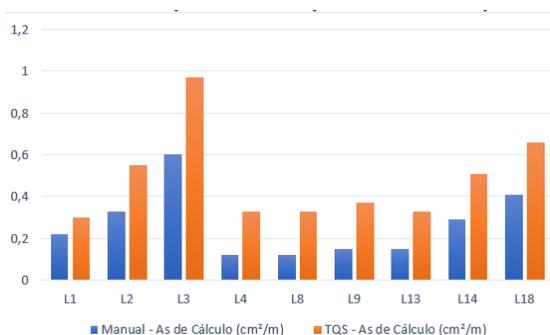


Gráfico 9 – Relação das Áreas de Aço das Nervuras na Direção Y

Fonte: Autor, 2020.

A tabela 08 e 09, apresentam a relação dos momentos negativos na direção Y dos devidos panos de lajes analisados.

LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras	LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras
L2-L8	5,12	Ø10.0 c/15cm	222,0	37	L2-L8	3,88	Ø8.0 c/12.5cm	230,0	42
L3-L9	4,17	Ø10.0 c/12cm	222,0	42	L3-L9	5,70	Ø10.0 c/12.3cm	235,0	41
L8-L13	3,61	Ø8.0 c/13cm	210,1	43	L8-L13	2,49	Ø6.3 c/12,2cm	180,0	46
L9-L14	3,70	Ø8.0 c/13cm	210,1	38	L9-L14	4,72	Ø10.0 c/14.9cm	235,0	34
L13-L18	6,55	Ø10.0 c/13cm	250,0	43	L13-L18	4,47	Ø10.0 c/17.5cm	260,0	32
LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras	LAJE	As de Cálculo (cm ² /m)	Armadura/Distribuição	L Total	Nº de Barras
L2-L8	0,98	Ø6.3 c/15cm	260,0	37	L2-L8	0,95	Ø6.3 c/20cm	275,0	28
L3-L9	0,77	Ø6.3 c/20cm	260,0	25	L3-L9	0,94	Ø6.3 c/19.4cm	255,0	26
L8-L13	0,98	Ø6.3 c/15cm	250,0	37	L8-L13	0,85	Ø6.3 c/20cm	215,0	28
L9-L14	0,77	Ø6.3 c/20cm	250,0	25	L9-L14	0,88	Ø6.3 c/19.4cm	205,0	26
L13-L18	1,39	Ø6.3 c/21cm	290,0	50	L13-L18	1,81	Ø6.3 c/10cm	285,0	56

Tabela 08 e 09 – Dimensionamento Manual e do TQS das Armaduras Negativas na Direção Y – LM e LN

Fonte: Autor, 2020.

O Gráfico 10, apresenta a diferença entre as análises das armaduras negativas na direção Y.

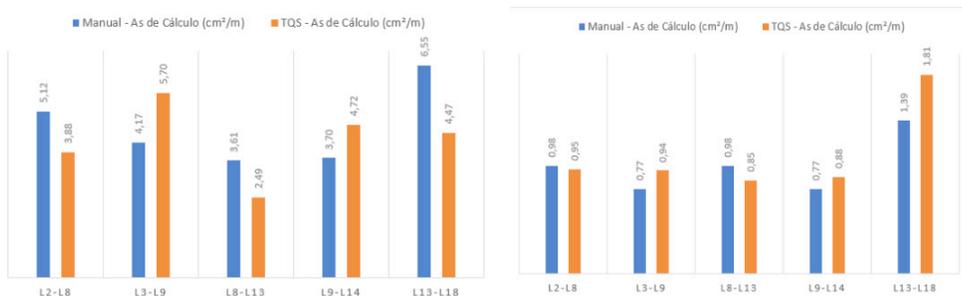


Gráfico 7 – Relação das Áreas de Aço Negativas das Lajes na Direção Y – LM e LN

Fonte: Autor, 2020.

Com o levantamento já descrito anteriormente, é possível levar em conta as análises manuais e computacionais, como o Gráfico 11 que apresenta os deslocamentos das lajes e o gráfico 12, que apresenta a diferença dos momentos fletores negativos e positivos. Sendo este, apresentado com uma variação máxima de 32,35% nas lajes maciças e 31,89% para as lajes nervuradas, com relação ao cálculo manual e o dimensionamento computacional. A área de aço apresentada no Gráfico 13, varia em seu ponto máximo um valor de 46,42% na totalidade das armaduras positivas na direção Y das lajes nervuradas, e 16,18% no ponto máximo de análise das lajes maciças.

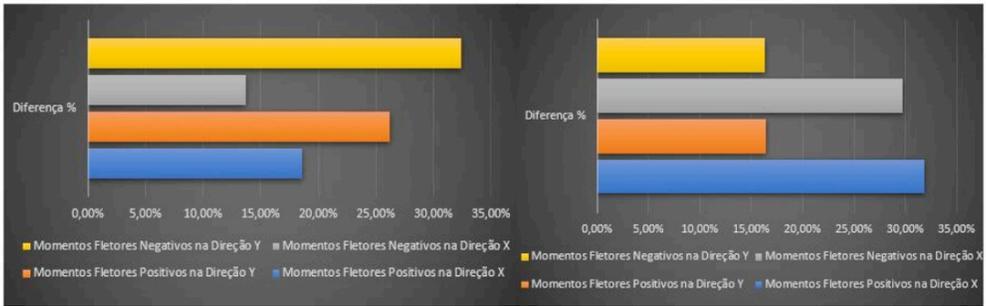


Gráfico 11 – Diferença Entre os Momentos Fletores de Cálculo Lajes Maciças e Nervuradas

Fonte: Autor, 2020.

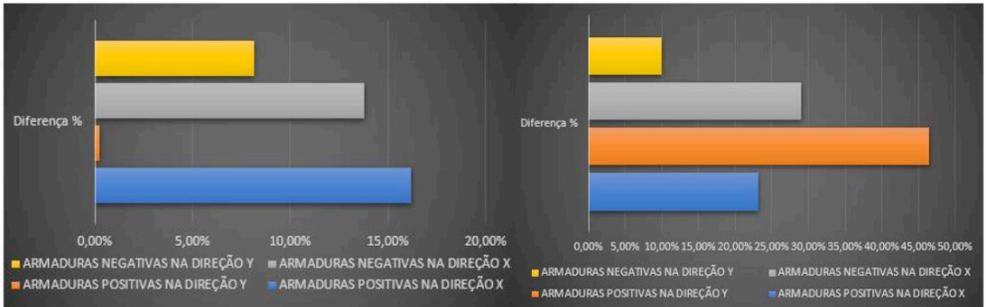


Gráfico 12 – Diferença Entre as Áreas de Aço das Lajes Maciças e Nervuradas

Fonte: Autor, 2020.

O quantitativo final das armaduras em Kgf, foi relacionado para resultado desprezando os valores de ancoragem e gancho. Devido à variação deles seguem parametrização com base em dois fundamentos: lajes adjacentes com ancoragem reta e lajes de bordo livre com ancoragem de gancho. Desta forma, no Gráfico 13 é apresentado o resumo das armaduras finais das lajes. Com isso, é possível expressar no Gráfico 14 o consumo de concreto por m³ de cada laje.

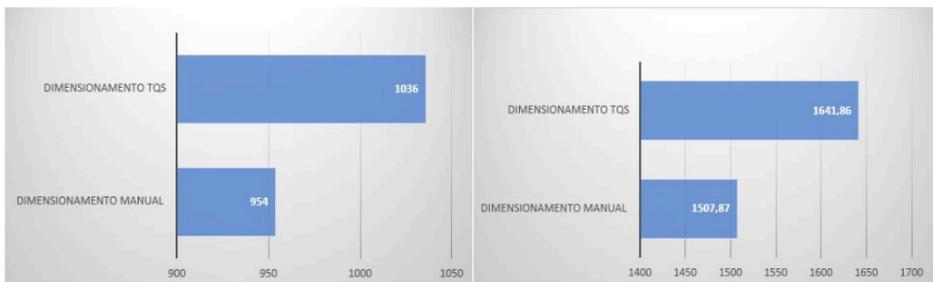


Gráfico 13 – Consumo de Aço das Lajes Maciças e Nervuradas (Kgf)

Fonte: Autor, 2020.

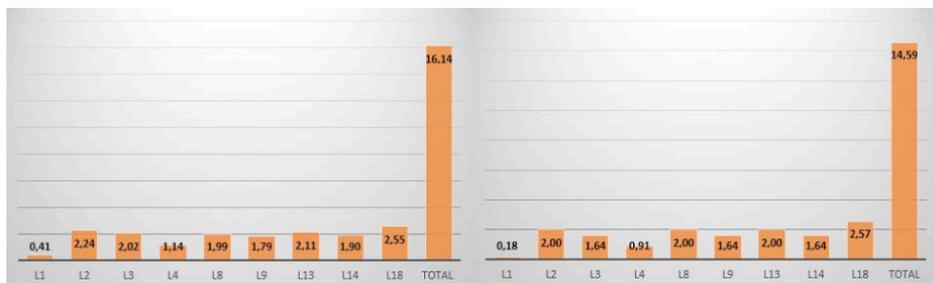


Gráfico 14 – Consumo de Concreto (m³) Lajes Maciças e Nervuradas

Fonte: Autor, 2020.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desse trabalho foi pesquisado o manuseio de um *software* para elaboração de um projeto estrutural. Tendo em vista que, no decorrer dos anos foram desenvolvidos vários métodos para projeto de estruturas em concreto armado. E com essa evolução tecnológica, o desempenho passou a ser mais refinado. A expansão dos *softwares* marca a indústria da construção civil, ou seja, as tecnologias aplicadas nas obras de engenharia.

Para metodologia empregada, na fase de verificação do estado limite de serviço, comparando os valores manuais das lajes com o TQS, os resultados obtidos foram relativamente semelhantes. Uma diferença maior foi observada na flecha limite, ou seja, na flecha admissível. No comportamento da L1, pois onde há descontinuidade no nível dos elementos em sua adjacência, o TQS refaz os valores de grelha, a consideração e flexibilização nesses pontos torna-se mais divergente.

Avaliando as grelhas das lajes geradas no TQS, é possível verificar a interação dos deslocamentos bem correlativo ao cálculo manual, os menores descolamentos apresentados nas lajes nervuradas em comparação com as lajes maciças - isso devido a rigidez de equivalência das alturas e do peso das lajes.

Considerando o equilíbrio de corpo rígido dos dispositivos estruturais, tratando-se mais especificamente dos momentos fletores de cálculo, o dimensionamento manual das lajes apresentou em sua maioria alguns pontos mais elevados. Valores menores das lajes nervuradas, porém a faixa de maior momento das grelhas TQS destacou-se principalmente pela análise interativa integrada no software.

As áreas de aço de cálculo das lajes maciças conforme detalhamento do TQS apresentaram em sua maior parte uma relação superior tanto nas armaduras positivas, como nas negativas. Já nas lajes nervuradas o TQS apresentou superioridade nas armaduras positivas, e nas armaduras negativas o cálculo manual - com base na teoria adotada - apresentou valores elevados em relação à análise computacional. De maneira geral, há pouca variação desses resultados, mas como tratam-se de valores cuja a própria

variação mínima pode ocasionar detalhamentos diferentes devido a essas divergências, o espaçamento das armaduras juntamente com os comprimentos totais e os tipos de ancoragem empregadas variaram em todo detalhamento transversal. Não muito equidistante do que a solução dos elementos estruturais apresenta, mas valores onde representam significativas ações econômicas e benéficas às estruturas.

Em vista disso, o estudo proporcionou um conhecimento na área estrutural além dos ensinamentos técnicos científicos, aprender a manusear um software para engenharia de estruturas e geotecnia, levou: ao aprendizado de conceitos mais específicos do comportamento das estruturas por uma análise espacial e integrada, à relevância das considerações relacionadas as ligações e vínculos estruturais, e à procura por profissionais com experiência para o lançamento e análise de comportamento de uma estrutura mais complexa, possibilitando interatividade com engenheiros que são referências na área de estruturas e contribuindo para o conhecimento e realização do trabalho apresentado.

REFERÊNCIAS

FILHO, A. C. **Notas de aula da disciplina de concreto armado: projeto de lajes maciças e nervuradas**. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

ARAÚJO, J. M. **Avaliação dos procedimentos de projetos das lajes nervuradas de concreto armado**. Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.3, p. 31-42, FURG, Rio Grande do Sul, 2003.

ARAÚJO, J.M. **Análise não-linear de lajes maciças e lajes nervuradas de concreto armado**. Revista Portuguesa de Engenharia das Estruturas, n. 52, p. 43-52. Lisboa, 2003.

ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado**. v.1, 4 ed. Rio Grande do Sul: DUNAS, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2017.

BASTOS, P. S. S. **Notas de aula na disciplina de Estruturas de Concreto I**. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.

BASTOS, P. S. S. **Notas de aula na disciplina de Estruturas de Concreto I**. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2006.

FALHAS NO COMPORTAMENTO DE SISTEMAS ROTATIVOS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Data de submissão: 01/10/2022

Data de aceite: 01/12/2022

Jomar Berton Junior

Instituto Federal do Paraná – IFPR
<http://lattes.cnpq.br/4714967818055223>

Sharise Beatriz Roberto Berton

Universidade Estadual de Maringá – UEM
<http://lattes.cnpq.br/4838760783430304>

RESUMO: Máquinas rotativas, tem como característica principal, seu rotor girando ao redor do seu próprio eixo, que é fixo. Estas são muito importantes para diversos ramos industriais, pois a partir do movimento rotativo, estas máquinas podem transformar um modelo de energia em outro. Além da sua enorme eficiência, são menos poluentes quando comparadas com máquinas movidas a óleo diesel. Entretanto, estes sistemas rotativos podem apresentar falhas em seu comportamento. Devido a isso, a presente pesquisa consiste no estudo dos problemas do comportamento de máquinas rotativas (desalinhamento, desbalanceamento, dentre outros), tendo em vista a grande utilização atual destas máquinas em indústrias e a alta tecnologia necessária para o desenvolvimento de alternativas viáveis, além da apresentação de possíveis soluções para tais problemas.

Realizou-se um estudo detalhado sobre estes possíveis problemas causados em máquinas rotativas, assim como suas soluções. Portanto, este trabalho é de fácil entendimento, visando à melhoria deste tipo de máquinas, além da prevenção de problemas futuros, buscando a ampliação do conhecimento sobre uma área que tende a se desenvolver cada vez mais.

PALAVRAS-CHAVE: Problemas relacionados aos rotores, desbalanceamento, máquinas rotativas, prevenção de acidentes.

FAILURES IN ROTATING SYSTEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

ABSTRACT: Rotating machines have as their main feature, their rotor rotating around its own axis, which is fixed. These are very important for several industrial branches, because from the rotary movement, these machines can transform one energy model into another. In addition to their enormous efficiency, they are less polluting when compared to diesel-powered machines. However, these rotating systems may have flaws in their behavior. Due to this, the present research consists in the study of the problems of the behavior of rotating

machines (misalignment, unbalance, among others), in view of the great current use of these machines in industries and the high technology necessary for the development of viable alternatives, in addition to the presentation of possible solutions to such problems. A detailed study was carried out on these possible problems caused in rotating machines, as well as their solutions. Therefore, this work is easy to understand, aiming to improve this type of machines, in addition to preventing future problems, seeking to expand knowledge about an area that tends to develop more and more.

KEYWORDS: Problems related to rotors, unbalance, rotating machines, accident prevention.

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, muitas das mais valiosas empresas entraram no conceito de 'Indústria 4.0', devido a tecnologia avançada, além de seus modelos de negócios e cadeias de suprimentos (CHOÍ *et al.* 2019). As aplicações de máquinas rotativas fazem parte desta nova era, e são consideradas muito importantes para a indústria, pois com o crescimento da competição do mercado, grandes companhias estão procurando novos caminhos para o desenvolvimento de tecnologias (KUMAR *et al.* 2022).

Com este grande crescimento tecnológico, é possível observar inúmeras modificações e aperfeiçoamentos em projetos antigos, além da constante criação de novas máquinas e ferramentas de alto desempenho, e através desta nova fase da tecnologia, grandes mudanças nas já seculares máquinas rotativas são vistas. Uma máquina rotativa, não é um simples projeto, pois o mesmo possui uma enormidade de novos equipamentos, além de um grande campo em que se podem introduzir conceitos básicos a fim de economizar recursos naturais e financeiros (VANCE; ZEIDAN; MURPHY, 2010).

Devido a isso, uma definição clara de máquinas rotativas seria que todos os tipos de máquinas que possuam um eixo sobre o qual é rotacionado ao redor de si mesmo, são consideradas máquinas rotativas. Outra definição importante é a de rotor; um rotor nada mais é que a parte rodante do sistema rotativo (geralmente um eixo cilíndrico) (FRISWELL *et al.* 2010). Ainda de acordo com o mesmo autor, toda máquina rotativa é formada por três componentes principais: o rotor, os mancais e a estrutura de suporte.

Exemplos comuns de máquinas rotativas são ventiladores e bombas centrífugas, as quais são máquinas de fluxo motoras que transferem energia mecânica a gases e líquidos, respectivamente, através da ação de um rotor.

Um dos principais problemas relacionado a este tipo de máquina, é o desbalanceamento, pois um rotor em rotação gera esforços dinâmicos que se propagam às partes da máquina que o suportam. As forças que são geradas no desbalanceamento, mesmo sendo pequenas, aumentam o trabalho de certas partes da máquina, ocasionando no mínimo, uma redução de sua vida útil, causando assim prejuízos ao empreendedor. Além do prejuízo causado, outra consequência do desbalanceamento é a perda da qualidade, aumento de refugos, vibrações, ruídos, entre outros (GÓZ; SILVA, 2002).

Sendo assim, os fabricantes de máquinas rotativas estão continuamente enfrentando novos desafios em relação ao ambiente competitivo, segurança operacional, melhora do desempenho, qualidade do produto produzido, confiança no sistema, entre outros desafios, além da busca incessante por solução, que é considerado o fator chave (MANHERTZ e BERECZKY, 2021).

Portanto, diante do exposto, o objetivo do trabalho foi realizar um levantamento de falhas e possíveis causas relacionadas a este tipo de máquinas, além de aceitáveis soluções destes, por meio de pesquisa teórica, a fim de apresentar uma reflexão sobre o tema. Este trabalho é um suporte para futuros e atuais empreendedores, além de pesquisadores do tema, para que possam minimizar ou excluir imprevistos relacionados a máquinas rotativas.

2 | REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

As máquinas rotativas ditas como 'ideias', são projetadas para operar de forma que o seu eixo de rotação coincida com o seu eixo principal de inércia, que se estende na direção axial do rotor. Porém, esta condição não pode ser inteiramente atendida na prática, dando origem a forças centrífugas e momentos que resultam na transmissão de grandes esforços aos mancais e a estrutura de suporte das máquinas (FRISWELL *et al.* 2010).

O desbalanceamento excessivo do rotor pode ocasionar grandes amplitudes de movimento, gerando altos níveis de vibração, que se traduzem em danos a vários componentes do sistema. Verificando-se na prática, o desbalanceamento e o desalinhamento estão entre as duas principais causas de mau funcionamento e de falhas catastróficas em máquinas rotativas, e isso compromete a segurança e a confiabilidade das instalações industriais, além dos riscos de danos causados ao meio ambiente (FRISWELL *et al.* 2010).

Este desbalanceamento em máquinas rotativas, ocorre quando uma distribuição desigual de massa em torno de um eixo de rotação, isto é, seu eixo de inércia (centro de massa) está desalinhado ou desbalanceado em relação ao seu eixo geométrico (centro de rotação) (GÜZELEL *et al.* 2022). Um exemplo claro e didático em relação a este tema, seria quando se adiciona elevada carga de peso em apenas um dos lados de uma máquina centrífuga, ela não irá cumprir o seu papel devido a seu desbalanceamento de peso.

O desbalanceamento em uma máquina rotativa pode ser causado por vários fatores, como por exemplo, pelo próprio processo de manufatura devido às tolerâncias de fabricação e a heterogeneidade do material. O desbalanceamento pode ser provocado ainda por fatores relacionados à operação da máquina, tais como o acúmulo de partículas indesejáveis como, por exemplo, gelo, sujeira, resinas, ou ainda nas pás do rotor quando o fluido de trabalho possui partículas sólidas que ficam presas, causando assim um desbalanceamento (FRISWELL *et al.*, 2010).

Outro problema muito comum (estima-se que cause mais de 70% dos problemas de vibração) em relação a este tipo de máquina é o desalinhamento de eixos, isto é, quando

as linhas centrais de rotação dos dois eixos da máquina não estão alinhadas corretamente. Isso pode ocasionar um aumento da quantidade de desgastes dos componentes, levando assim um aumento da vibração de máquinas e rolamentos, quebras mais frequentes, redução de potência transmitida, aumento do risco de falha do eixo e principalmente é possível causar insegurança para o operador do sistema (FANG *et al.* 2006).

O desalinhamento pode ser de dois tipos, paralelo ou angular (SZYMON; PIETA, 2011). O paralelo ocorre quando as linhas do centro de dois eixos são paralelas, mas não se encontram no ponto de transferência de carga (Figura 1).

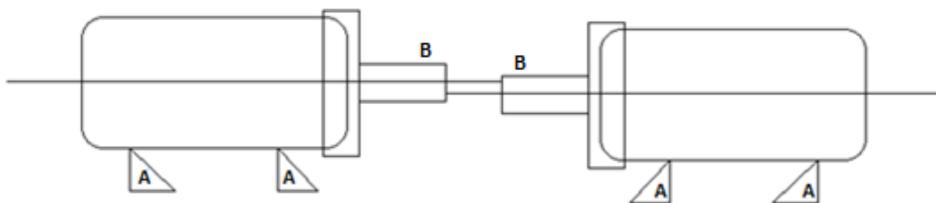


FIGURA 1. Desalinhamento paralelo de máquinas rotativas, onde os elementos são (A) apoio e (B) eixo.

Fonte: Autoria própria (2022).

Já o desalinhamento angular, ocorre quando a linha de centro de dois eixos se cruza no ponto de transferência de carga, mas não são paralelas entre si (Figura 2) (SZYMON; PIETA, 2011).

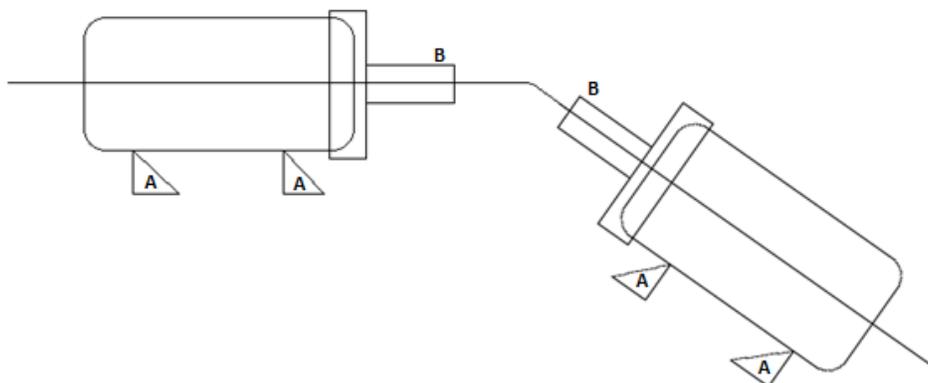


FIGURA 2. Desalinhamento angular de máquinas rotativas, onde os elementos são (A) apoio e (B) eixo.

Fonte: Autoria própria (2022).

Geralmente a condição real de desalinhamento que ocorre entre máquinas rotativas, é uma combinação de ambos os tipos de desalinhamentos, o qual é designado

por desalinhamento misto ou combinado.

Um método de monitoramento deste tipo de problema seria utilizar o método de laser sem contato, que pode ser usado para verificar mudanças de posição de um eixo rotativo em tempo real durante a operação. Para isso, se utiliza de uma bancada de teste experimental que é projetada para medir o desalinhamento do eixo angular utilizando este método (SIMM *et al.* 2016).

Outro problema causado em máquinas rotativas, seria quando as mesmas são montadas próximas umas das outras, isto é, quando ocorre um compartilhamento de base (apoio) ou ainda em sistemas mecânicos que possuem eixos de rotação que compartilham mesmo rolamentos, é comum que as vibrações sofram interferência (WANG; JIANG, 2018).

Por este motivo, se faz necessário compreender concretamente as características de tais vibrações, dependendo o tipo de aplicação (MIYASHIRO *et al.* 2022). Neste sentido, para detectar este tipo de desalinhamento, utiliza-se uma ferramenta chamada análise de vibrações mecânicas, que permite determinar as deficiências existentes em máquinas acopladas através da identificação da frequência de origem dos problemas e/ou parte dos equipamentos associada (MARÇAL; SUSIN, 2005).

Na literatura é possível encontrar também, outros estudos relacionados a análise de vibrações mecânicas em diferentes equipamentos não apenas em rotores, como por exemplo, em nanotubos de carbono de parede simples, em diferentes comprimentos de nanobelts de carbono, formados com elementos de feixe, onde foi possível calcular com precisão a sua frequência natural por meio da análise modal (MIYASHIRO *et al.* 2022).

Esta análise modal é o estudo das propriedades dinâmicas de um sistema sob vibração e é muito usada para determinar os modos de vibração, frequências naturais além de fatores de amortecimento em máquinas e em estruturas (MIYASHIRO *et al.* 2022)

Além disso, por meio de transdutores como os acelerômetros e sensores de deslocamento, é possível medir e analisar as vibrações estabelecendo sua origem, identificando cada componente e o tipo de falha que está gerando. Também é possível avaliar o estado mecânico do componente que a produz e a gravidade da deficiência detectada (MARÇAL; SUSIN, 2005).

Estes problemas apresentados quando presentes em uma máquina rotativa, causa diversas anomalias nas mesmas, e isso resultam em perdas para a empresa. Entre essas anomalias podemos citar: o aumento de temperatura, ruído e vibração. Estas situações dissipam parte da energia que deveria ser convertida em trabalho, ou seja, temos uma perda de eficiência, gerando gastos aumentados em energia. Além de perda de eficiência, estas condições ainda podem levar a falhas prematuras de diversos componentes, entre eles cita-se, os rolamentos, acoplamentos, vedações, entre outros (ROQUE *et al.* 2022).

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, apresentou-se um estudo sobre os principais problemas relacionados a máquinas rotativas e suas possíveis soluções. Com isso, pode-se perceber que qualquer fator que altere a simetria do rotor em relação a seu eixo principal de inércia, pode causar o desbalanceamento; e este desbalanceamento pode acarretar uma série de perdas, dentre elas, é possível citar a principal, que é a segurança dos trabalhadores. Por estes motivos, é necessário realizar o balanceamento do rotor utilizando algum método conhecido e adequado à situação.

Outra falha causada em sistemas é o desalinhamento devido à presença de folgas, trincas, desalinhamento de rolamentos, mancais entre outros, resultando assim na alteração ou aparecimento de novas frequências associadas aos problemas. Sendo assim, este desalinhamento pode ser solucionado através da realização do alinhamento, no qual o método mais comum é através da utilização de um feixe de laser sem contato.

REFERÊNCIAS

CHOÍ, T. M., WEN, X., SUN, X., CHUNG, S. H. The mean-variance approach for global supply chain risk analysis with air logistics in the blockchain technology era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 127, p. 178-191, 2019.

FRISWELL, M. I.; PENNY, J. E.; GARVEY, S. D.; LEES, A. W. Dynamics of Rotating Machines. *New York: Cambridge University Press*, 2010.

FANG, Y. H. CHO, M. JEONG, H. Health monitoring of a shaft transmission system via hybrid models of PCR and PLS, in: J. Ghosh, D. Lambert, D. Skillicorn, J. Srivastava (Eds.), *Sixth SIAM International Conference on Data Mining*, Bethesda, Maryland, 2006.

GÓZ, R. D.; SILVA, T. C. da. Balanceamento de Rotores. *R & T Análise de Vibrações e Balanceamento*. 2002.

Güzelel, Y. E., Olmuş, U., Çerçi, K. N., Büyükalaca, O. New multiple regression and machine learning models of rotary desiccant wheel for unbalanced flow conditions. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, v. 134, 2022.

KUMAR, B. K., YADAVALLI BASAVARAJ, N., KUMAR, KEERTHI, N., SANDEEP, M. J. Vibration based condition monitoring of rotating part using spectrum analysis: A case study on milling machine. *Materials Today: Proceedings*, v. 49, p. 744 – 747, 2022.

MARÇAL, R.F.M.; SUSIN, A. A. Detectando Falhas Incipientes em Máquinas Rotativas. 2005. Disponível em <<http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/revista/>>. Acesso em setembro de 2021.

MANHERTZ, G., BERECZKY, A. STFT spectrogram based hybrid evaluation method for rotating machine transient vibration analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 154, 2021.

MIYASHIRO, D., TAIRA, H., HAMANO, R., RESERVA, R. L., UMEMURA, K. Mechanical vibration of single-walled carbon nanotubes at different lengths and carbon nanobelts by modal analysis method. *Composites Part C: Open Access*, v. 2, 2020.

ROQUE, A. S., KREBS, V. W., FIGUEIRO, I. C. JAZDI, N. Na analysis of machine learning algorithms in rotating machines maintenance. *IFAC conference paper archive*, v. 55, p. 252 – 257, 2022.

SZYMON, A. A.; PIETA, F. Bancada Didática de Alinhamento de Máquinas Rotativas. 2011. 55f. Monografia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SIMM, A., WANG, Q., HUANG, S., ZHAO, W. Laser based measurement for the monitoring of shaft misalignment. *Measurement*, v. 87, 2016.

WANG, N., JIANG, D. Vibration response characteristics of a dual-rotor with unbalance-misalignment coupling faults: Theoretical analysis and experimental study, *Mech. Mach. Theory*, v. 125 p. 207–219, 2018.

VANCE, J., Zeidan, F., and Murphy, B. Machinery Vibration and Rotordynamics. *New Jersey: John Wiley & Sons*, 2010.

DOSIMETRIA TERMOLUMINESCENTE

Data de aceite: 01/12/2022

Luciana Tourinho Campos

<http://lattes.cnpq.br/9496950727471163>

RESUMO: A dosimetria termoluminescente é uma ferramenta de controle da qualidade de tratamento. Os dosímetros termoluminescentes podem ser aplicados não só na medida das doses nos pacientes durante o tratamento ou diagnóstico, mas também têm demonstrado sua eficácia na dosimetria dos feixes de fótons e elétrons, com suas aplicações estendidas para os campos da dosimetria ambiental e do monitoramento de doses individuais de profissionais ocupacionalmente expostos [1].

PALAVRAS-CHAVE: Dosímetro fluorescente, radioterapia, fluoreto de lítio.

ABSTRACT: Thermoluminescent dosimetry is a treatment quality control tool. Thermoluminescent dosimeters can be applied not only to measure doses to patients during treatment or diagnosis, but have also demonstrated their effectiveness in dosimetry of photon and electron beams, with their applications extended to the fields of environmental dosimetry and dose

monitoring. individuals of occupationally exposed professionals.

KEYWORDS: Thermoluminescence dosimeter, radiotherapy, lithium fluoride

1 | CARACTERÍSTICAS DE UM DOSÍMETRO TERMOLUMINESCENTE

Muitos materiais apresentam propriedades termoluminescentes. Contudo, para poder ser utilizado como dosímetro, o material termoluminescente deve reunir algumas características, que limitam a quantidade de materiais termoluminescentes utilizados em dosimetria. Estas características são:

- Uma resposta linear para um amplo intervalo de dose;
- Uma resposta preferencialmente pouco dependente da energia dos fótons;
- Apresentar sensibilidade mesmo para valores de doses muito pequenas (entre $0,05 \times 10^{-1}$ e 2×10^{-1} mSv);
- Uma resposta reprodutível, mesmo para valores pequenos de doses;

- Uma curva de emissão termoluminescente simples, de preferência com um único pico de emissão, ou com picos de emissão bem resolvidos.

Não existe nenhum material termoluminescente, utilizado em dosimetria, que apresente todas essas características. Os dosímetros termoluminescentes utilizados apresentam apenas algumas das características citadas e um comportamento aceitável em relação às outras características, dependendo de sua utilização, quer seja para radiodiagnóstico, monitoração individual ou dosimetria *in vivo*.

Os dosímetros termoluminescentes podem ser fabricados nas mais diferentes formas físicas e dimensões. Este fato é uma das suas principais vantagens, pois permite as mais variadas possibilidades de uso dos mesmos. Na figura 1 é ilustrada uma variedade de TLD's.



Figura 1: Diferentes tipos de dosímetros termoluminescentes.

2 | PROCESSO FÍSICO DA TERMOLUMINESCÊNCIA

Nos sólidos existem fenômenos que são provocados pela variação da sua temperatura. Eles são denominados “Fenômenos Termicamente Estimulados”. A termoluminescência (TL) é um deles. Consistindo na emissão de luz devido à estimulação térmica de um material previamente irradiado. Mesmo que só uma pequena parte da energia depositada como dose absorvida no material termoluminescente seja emitida como luz, a quantidade de luz emitida será proporcional à energia da radiação absorvida pelo material termoluminescente, para um certo intervalo de dose.

O fenômeno da termoluminescência é explicado com a utilização do modelo de bandas para os níveis de energia dos elétrons nos sólidos. Os materiais termoluminescentes são, em geral, cristais iônicos nos quais a banda de valência encontra-se repleta de elétrons

e a de condução vazia, ambas separadas por uma faixa larga de estados energéticos não permitidos aos elétrons e denominada banda proibida.

Quando o cristal é exposto à radiação ionizante, são produzidos pares de elétrons e buracos, que migram através do cristal, até que se recombinem ou que sejam capturados em defeitos da rede cristalina, originando estados metaestáveis de energia localizados na banda proibida. Esses defeitos são denominados armadilhas e, dependendo do tipo de armadilha, a energia de ligação do portador de carga, elétron ou buraco, pode ser mais ou menos intensa e diz-se que a armadilha é mais ou menos profunda. Uma vez capturados nas armadilhas, a probabilidade dos portadores de carga escaparem sem que lhes seja fornecida uma energia adicional é pequena à temperatura ambiente. Aquecendo-se posteriormente o material, os elétrons ou buracos absorvem energia térmica e podem escapar desses defeitos. Os elétrons se deslocam para a banda de condução e os buracos para a banda de valência.

Quando as armadilhas de elétrons são mais rasas, os elétrons escapam antes que os buracos adquiram energia suficiente para se libertarem das suas armadilhas. Os elétrons livres podem se recombinar com um buraco em um centro de recombinação, havendo a emissão de luz. No caso das armadilhas de buracos serem mais rasas, estes são liberados antes dos elétrons, seguem para a banda de valência e podem se movimentar com liberdade pelo cristal até se recombinarem com os elétrons armadilhados em centros de recombinação, podendo haver emissão de luz conforme é mostrado na figura 2.

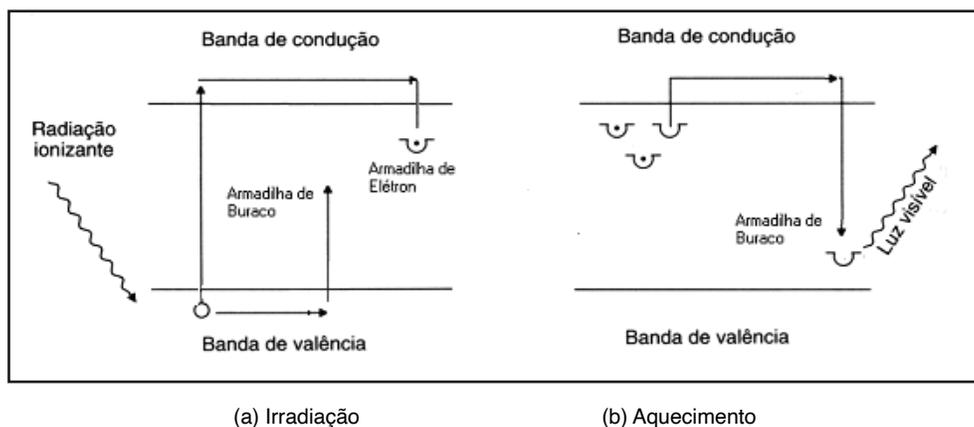


Figura 2: Representação esquemática simples do modelo de bandas para emissão termoluminescente. a) O material é irradiado e o elétron adquire energia para alcançar a banda de condução. b) Quando aquecido, o elétron abandona a sua armadilha e retorna à banda de condução, podendo se recombinar em um buraco.

A quantidade de luz emitida por um material termoluminescente é mensurável, aumentando a sua intensidade com a população de elétrons ou buracos armadilhados, conforme o tipo de armadilha. Ela cresce com a exposição até atingir um máximo. Dessa

forma, a luz medida na emissão termoluminescente depende da população de elétrons ou buracos, que, por sua vez, depende da exposição recebida pelo cristal.

Após uma irradiação, o cristal termoluminescente pode retornar à sua condição inicial, sendo para tanto necessário submetê-lo a um recozimento adequado, denominado tratamento térmico. A sensibilidade termoluminescente do cristal é influenciada por esse tratamento térmico. A variação da sensibilidade depende da duração e da temperatura do mesmo [2].

3 I CURVA DE EMISSÃO TERMOLUMINESCENTE

Dá-se o nome de curva de emissão termoluminescente à curva que representa a intensidade da luz emitida por um material termoluminescente em função da temperatura ou do tempo de aquecimento a que este é submetido. Essa curva pode apresentar um ou mais máximos, picos de emissão, conforme o número de diferentes armadilhas presentes no material e suas propriedades. A curva de emissão é representativa de um material termoluminescente.

O que se considera como a resposta de um dosímetro termoluminescente é a área sob a parte estável da curva de emissão termoluminescente [3]. Na figura 3 é apresentado um exemplo de curva de emissão termoluminescente. No caso, é mostrada a curva de emissão TL do LiF:Mg,Ti; esta apresenta 10 picos de emissão entre a temperatura ambiente e 400 °C, sendo que em dosimetria, utilizam-se normalmente, os denominados picos 4 e 5, chamados picos dosimétricos, já que são estes utilizados para se obter a leitura que mais tarde poderá ser convertida à grandeza de interesse, no caso de radioterapia dose absorvida.

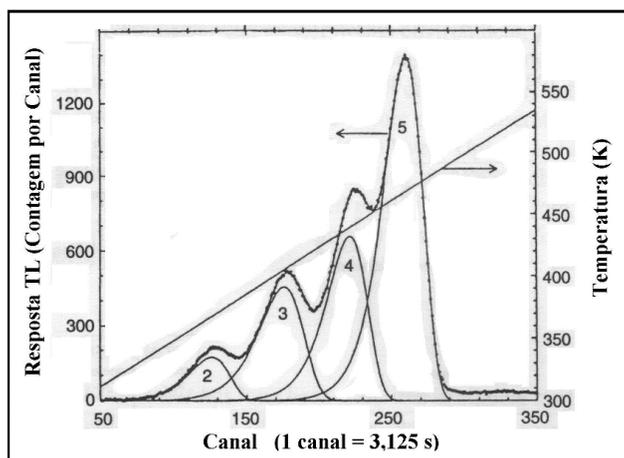


Figura 3: Curva de emissão TL do LiF:Mg,Ti após a exposição do material à radiação gama. O material não foi submetido ao tratamento térmico de 100 °C/15 minutos. A presença de picos de baixa temperatura torna-se evidente. Não é possível a observação do pico TL 1 devido ao seu rápido desvanecimento. Os picos a temperaturas maiores, como são pouco intensos, não são observados.

4 | DESVANESCIMENTO

Denomina-se desvanecimento da resposta de um material TL à liberação espontânea dos elétrons das suas armadilhas, proporcionando recombinações e a consequente emissão de luz pelo material. Normalmente a grandeza responsável por esse fenômeno é a temperatura. Entretanto, um material TL pode ter sua informação latente afetada por fatores tais como a luz ou a umidade. A tabela 1 apresenta dados sobre o desvanecimento térmico de diversos materiais TL [1].

Material TL	Desvanecimento Térmico (25°C)
LiF:Mg,Ti	5% em 1 ano
Li ₂ B ₄ O ₇ :Mn	10% em 2 meses
CaF ₂ :Mn	1% em 1 dia
CaF ₂ :Dy	13% em 1 mês
BeO	8% em 3 meses
CaSO ₄ :Mn	50-85% em 3 dias

Tabela 1: Desvanecimento térmico característico de alguns materiais termoluminescentes [1].

5 | TRATAMENTO TÉRMICO

O tratamento térmico de um material termoluminescente é dividido em duas etapas: o pré-tratamento térmico (antes da irradiação) e pós-tratamento térmico (após a irradiação).

Quando um TLD é utilizado repetidas vezes, é importante saber qual o melhor tratamento térmico a ser utilizado, com a finalidade de devolver-lhe as condições existentes antes da sua primeira exposição à radiação ionizante. Esse tratamento é denominado pré-tratamento térmico e tem o objetivo de esvaziar completamente e estabilizar as armadilhas do material TL após sua avaliação.

O pré-tratamento térmico é dividido em um tratamento térmico de alta temperatura, necessário para eliminar sinais residuais de termoluminescência do TLD e restaurar sua sensibilidade e um tratamento térmico de baixa temperatura que tem como objetivo reduzir o desvanecimento da resposta TL do material, minimizando a contribuição dos picos TL de baixa temperatura em sua curva de emissão [4].

Muitos materiais TL apresentam curvas de emissão com vários picos, estando alguns deles localizados a baixas temperaturas, ou seja, a temperaturas mais próximas da ambiente. Por conseguinte é conveniente aquecer esses materiais a uma temperatura inferior àquela de sua avaliação, após serem irradiados, para eliminar esses picos indesejáveis. Esse aquecimento é denominado pós-tratamento térmico. Esse tratamento térmico deve ser executado de modo bastante acurado, devendo a sua duração e temperatura máxima ser bastante reprodutível, uma vez que esses parâmetros afetam a sensibilidade dos denominados picos dosimétricos, aqueles localizados a temperaturas

mais elevadas. Conseqüentemente, variações nesse procedimento térmico significarão uma variação na resposta do dosímetro, ou, em outras palavras, uma reprodutibilidade ruim da resposta TL [1].

O aquecimento do TLD para a quantificação da luz emitida pelo material constitui-se em uma das etapas mais importantes no seu processo de leitura. A leitura deve envolver uma técnica automática e rápida de aquecimento que garanta estabilidade durante o procedimento. O processo todo é descrito por uma curva de temperatura em função do tempo como apresentado na figura 4.

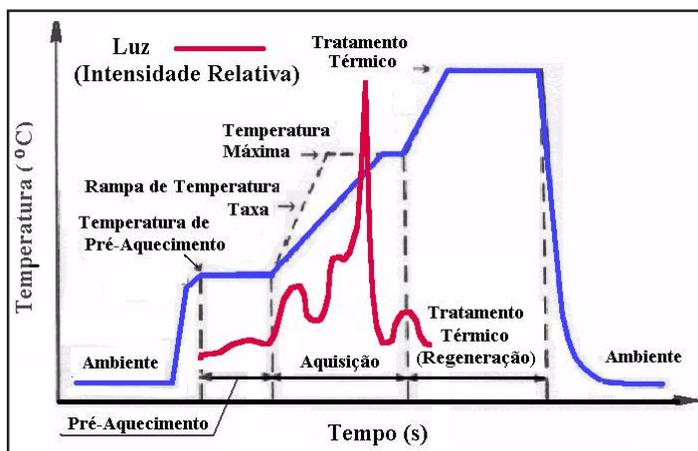


Figura 4: Curva aquecimento (temperatura em função do tempo) utilizada na avaliação do LiF:Mg,Ti, TLD-100 da leitora Harshaw® e curva de emissão TL deste material.

Normalmente o aquecimento do TLD no sistema de avaliação é feito a duas temperaturas diferentes. Inicialmente aquece-se o material a uma temperatura inferior àquela de leitura, objetivando a eliminação de picos de baixa temperatura que, porventura, ainda tenham resistido ao pós-tratamento térmico, ao qual o TLD fora submetido. Esse aquecimento é rápido e dura apenas alguns segundos. Posteriormente, o TLD é aquecido a uma temperatura mais elevada, a temperatura de avaliação, por um período um pouco mais longo, quando então a luz por ele emitida, relativa aos denominados picos dosimétricos, é quantificada.

6 | LEITORA DE DOSÍMETROS TERMOLUMINESCENTES

A instrumentação necessária para se observar a luz exibida por um dosímetro termoluminescente, ou seja, a leitora de dosímetros termoluminescentes, é um equipamento basicamente simples. Ela constitui-se de dois circuitos de aquecimento, um para pré-aquecimento e outro para aquisição de dados, uma válvula fotomultiplicadora, cuja função

é transformar uma determinada quantidade de luz em corrente elétrica, e um circuito de medida para processar essa corrente produzindo valores numéricos.

Portanto, uma leitora termoluminescente é composta de dois dispositivos básicos: um sistema de aquecimento e outro de detecção de luz. O sistema é constituído de um forno para aquecer o dosímetro termoluminescente e uma fotomultiplicadora para captar a luz emitida por ele. Utilizam-se também filtros com a finalidade de eliminar contaminação luminosa devido a fenômenos químicos e à radiação infravermelha presente durante o aquecimento do TLD. Os métodos mais utilizados no aquecimento do dosímetro TL são dois: um de contato, que utiliza uma superfície metálica sobre a qual se coloca o dosímetro, ou um filamento em forma de mola através do qual se insere o dosímetro TL. O aquecimento é realizado via passagem de corrente elétrica pelo metal. O outro método de aquecimento é composto de um sistema onde a temperatura do dosímetro TL é aumentada devido à ação do fluxo de um gás inerte aquecido [1].

REFERÊNCIAS

[1] DA ROSA, L. A. R., *Dosimetria Termoluminescente Aplicada à Física Médica*, Instituto de Radioproteção e Dosimetria – CNEN, Rio de Janeiro, 2001.

[2] SHARMANN, A., “History”. In: Oberthofer, M., Scharmman, A. (Eds) *Applied Thermoluminescence Dosimetry*, chapter 1, Bristol, UK, Adam Hilger Ltd, 1981.

[3] HOROWITZ, Y. S., LiF: Mg, Ti Versus LiF: Mg, Cu, P: The Competition Heats Up. *Radiation Protection Dosimetry*, 47, 135-141, 1993.

[4] CAMERON, J. R., SUNTHARALINGAM, N. e KENNEY, G. N., *Thermoluminescent Dosimetry*, Madison, USA, Univ. Wisconsin Press, 1968.

CÓDIGO DE MONTE CARLO APLICADO A RADIOTERAPIA

Data de aceite: 01/12/2022

Luciana Tourinho Campos

<http://lattes.cnpq.br/9496950727471163>

RESUMO: O acoplamento das equações diferenciais que descrevem a trajetória de elétrons e fótons são complicadas para permitir um tratamento analítico. A técnica de Monte Carlo é um capaz de levar em consideração todos esses aspectos no intervalo de energia de interesse. O código de Monte Carlo é construído através do arranjo experimental das medidas e do cálculo de distribuição de probabilidade; por exemplo, aquelas que descrevem o processo de espalhamento fundamental e de perda de energia. A simulação por Monte Carlo do transporte de radiação descreve o processo físico real: as partículas em um meio têm uma determinada trajetória que depende da interação com o meio. Essa é governada através da distribuição de probabilidade (seção de choque total) para o local da interação para aquela energia e determinado ângulo. Este processo é continuado até a partícula ser completamente absorvida pelo meio, deixar a região de interesse, ou ainda, ser descartada por um limite de energia.

Este processo completo é chamado de história. Deste modo, grandezas de interesse podem ser calculadas a partir de um número significativo de histórias. As grandezas estimadas por Monte Carlo têm uma incerteza estatística que depende do número de histórias da partícula.

PALAVRAS-CHAVE: Monte Carlo, radioterapia, dosimetria.

ABSTRACT: The coupling of differential equations that describe the trajectory of electrons and photons are complicated to allow an analytical treatment. The Monte Carlo technique is capable of taking into account all these aspects in the energy range of interest. The Monte Carlo code is constructed by experimentally arranging the measurements and calculating the probability distribution; for example, those that describe the fundamental scattering and energy loss process. The Monte Carlo simulation of radiation transport describes the actual physical process: particles in a medium have a certain trajectory that depends on the interaction with the medium. This is governed by the probability distribution (total cross-section) for the interaction site for that energy and given angle. This process is continued until the

particle is completely absorbed by the medium, leaves the region of interest, or is discarded by an energy limit. This complete process is called history. In this way, quantities of interest can be calculated from a significant number of stories. The quantities estimated by Monte Carlo have a statistical uncertainty that depends on the number of histories of the particle.

KEYWORDS: Monte Carlo, radiotherapy, dosimetry

1 | CÓDIGO DE MONTE CARLO

O acoplamento das equações diferenciais que descrevem a trajetória de elétrons e fótons são complicadas para permitir um tratamento analítico. A técnica de Monte Carlo é um capaz de levar em consideração todos esses aspectos no intervalo de energia de interesse.

O código de Monte Carlo é construído através do arranjo experimental das medidas e do cálculo de distribuição de probabilidade; por exemplo, aquelas que descrevem o processo de espalhamento fundamental e de perda de energia.

A simulação por Monte Carlo do transporte de radiação descreve o processo físico real: as partículas em um meio têm uma determinada trajetória que depende da interação com o meio. Essa é governada através da distribuição de probabilidade (seção de choque total) para o local da interação para aquela energia e determinado ângulo. Este processo é continuado até a partícula ser completamente absorvida pelo meio, deixar a região de interesse, ou ainda, ser descartada por um limite de energia. Este processo completo é chamado de história. Deste modo, grandezas de interesse podem ser calculadas a partir de um número significativo de histórias. As grandezas estimadas por Monte Carlo têm uma incerteza estatística que depende do número de histórias da partícula.

Os fótons interagem com a matéria através de quatro processos básicos: Interação Compton, Interação Rayleigh, Interação Fotoelétrica e Produção de Pares. Dependendo do meio considerado e da energia do fóton um tipo de interação pode dominar.

Elétrons interagem com a matéria através de perdas radiativas e colisões inelásticas com elétrons atômicos. As perdas radiativas podem ocorrer na forma de radiação de frenamento ou aniquilação de pósitrons.

Colisões inelásticas de elétrons e interações de fótons com elétrons atômicos levam a excitação dos átomos ao longo de trajetórias de partículas. Átomos excitados com vacâncias em camadas internas relaxam via emissão de fótons e elétrons com energias características.

O código de Monte Carlo EGSnrc (*Electron Gamma Shower of National Research Council Canada*). O EGSnrc é um pacote para a Simulação de Monte Carlo de transporte de elétrons, pósitrons e fótons em diversas geometrias e com intervalo de energia de 1 keV à 10 GeV [1].

O EGSnrc foi desenvolvido através de uma interface de parâmetros de entrada com quatro códigos de usuário onde é possível modificar os parâmetros de entrada para a

geometria de interesse no intervalo de energia de interesse. Todos esses quatro códigos foram desenvolvidos em uma geometria cilíndrica chamada *RZ*. O *R* é o raio do cilindro e *Z* é a altura ou mais comumente a profundidade.

Esses quatro códigos são: o *DOSRZnrc*, *FLURZnrc*, *CAVRZnrc* e o *SPRRZnrc*.

Cada código tem parâmetros de saída diferentes e pode se adequar a uma determinada situação.

Com o código *DOSRZnrc* é possível obter arquivos de saída com a dose e *KERMA* de determinadas regiões da geometria de interesse. O *FLURZnrc* é um código que têm arquivos de saída em fluência de diferentes partículas. O *CAVRZnrc* é um código de usuário que se destina a estudos de câmaras de ionização, com ele é possível obter arquivos de saída para fatores de correção para atenuação na parede da câmara e espalhamento e o *SPRRZnrc* têm arquivos de saída para o espectro de *Spencer-ATTIX* e razão de stopping power em dois meios arbitrários [2].

O *EGSnrc* contém em seu pacote o *PEGS4* (do inglês: *Preprocessor of EGS4*) que é uma interface onde o usuário pode criar bibliotecas de stopping power e seções de choque para qualquer elemento, composição ou mistura para uma determinada faixa de energia [3].

O *EGSnrc* contém em seu pacote uma biblioteca chamada *521ICRU* que contém dados de poderes de frenamento e seção de choque do *ICRU 37* [4]. Esta biblioteca foi utilizada neste trabalho.

O pacote do *EGSnrc* também contém um visualizador gráfico, chamado *Prewiew RZ*, onde é possível visualizar a geometria de interesse.

Para fótons, o *EGSnrc* armazena os parâmetros iniciais tais como a energia e ângulo em uma matriz que retém as características das partículas a serem processadas. Se a energia for menor que a energia mínima a ser considerada, denominada de energia de corte, o fóton é descartado, a história é terminada e uma nova história tem início. Se a energia do fóton for maior que a energia de corte escolhe-se, com base na seção de choque do meio, a distância da nova interação e o fóton é transportado. Se o fóton ultrapassar a região de interesse ele é descartado, caso contrário é escolhido através de seções de choque o tipo de interação ao qual o fóton será submetido. Esse processo é repetido até que o número total de histórias seja realizado.

Dependendo do tipo de interação a que o fóton for submetido, ele poderá criar elétrons ou pósitrons em sua trajetória; e estes podem perder energia através de processos de colisão ou aniquilação em vôo. O transporte de elétrons é governado por perdas contínuas de energia entre interações discretas de partículas carregadas.

Os parâmetros dos elétrons produzidos são armazenados em uma matriz e são recuperados se a energia do elétron for menor que a energia de corte, o elétron é descartado e a história terminada. A transferência de energia ao meio é contabilizada e se não houver mais nenhum elétron armazenado uma nova história tem início. Caso contrário, através de

seções de choque contabiliza-se a transferência de energia e a distância da nova interação do elétron até que esta seja menor que a energia de corte.

O acoplamento das equações diferenciais que descrevem a trajetória de elétrons e fótons é complicado, de modo a permitir um tratamento analítico. A técnica de Monte Carlo é capaz de levar em consideração todos esses aspectos no intervalo de energia de interesse. Geralmente, a simulação do transporte da radiação por Monte Carlo tem quatro importantes componentes: informações das seções de choque para a simulação do processo físico, o algoritmo de transporte da radiação, especificação da geometria e análise estatística.

O código de Monte Carlo é construído através do arranjo experimental das medidas e do cálculo de distribuição de probabilidade; por exemplo, aquelas que descrevem o processo de espalhamento fundamental e de perda de energia.

A simulação por Monte Carlo do transporte de radiação descreve o processo físico real: as partículas em um meio têm uma determinada trajetória que depende da interação com o meio. Essa é governada através da distribuição de probabilidade (seção de choque total) para o local da interação para aquela energia e determinado ângulo. Este processo é continuado até a partícula ser completamente absorvida pelo meio, deixar a região de interesse, ou ainda, ser descartada por um limite de energia. Este processo completo é chamado de história. Deste modo, grandezas de interesse podem ser calculadas a partir de um número significativo de histórias. As grandezas estimadas por Monte Carlo têm uma incerteza estatística que depende do número de histórias da partícula.

A história da partícula começa pela sua criação, com energia e coordenadas de posição definidas de acordo com a distribuição específica da fonte. O tipo da interação e as partículas resultantes são determinados pela seção de choque do meio. Se a energia for menor que a energia mínima a ser considerada, denominada de energia de corte, a partícula é descartada, sua história é terminada e uma nova história tem início. Se a energia da partícula for maior que a energia de corte, o código determina, com base na seção de choque do meio, a distância da nova interação e esta é transportada. Se a partícula ultrapassar a região de interesse, ela é descartada. Em caso contrário, é escolhido, através de seções de choque, o tipo de interação à qual a partícula será submetida.

Os parâmetros das partículas produzidas são armazenados em uma matriz e são recuperados, se a energia destas for menor que a energia de corte, se o elétron for descartado e se a história terminar. Então, a transferência de energia ao meio é contabilizada e, se não houver mais nenhuma partícula armazenada, uma nova história tem início. Caso contrário, através das seções de choque, contabiliza-se a transferência de energia e a distância da nova interação da partícula, até que esta seja menor que a energia de corte. Esse processo é repetido até que o número total de histórias seja alcançado.[1].

2 | TRANSPORTE DE FÓTONS

Os fótons interagem com a matéria através de quatro processos básicos: Interação Compton, Interação Rayleigh, Interação Fotoelétrica e Produção de Pares. Dependendo do meio considerado e da energia do fóton, um tipo de interação pode predominar.

Dependendo do tipo de interação a que o fóton for submetido, ele poderá criar elétrons ou pósitrons em sua trajetória; e estes podem perder energia através de processos de colisão ou aniquilação em vôo.

Os fótons também podem interagir de outras maneiras não significantes no intervalo de energia em que a radioterapia se aplica.

3 | TRANSPORTE DE ELÉTRONS

Partículas carregadas perdem sua energia de modo distinto das partículas não carregadas (raios-X, gama ou nêutrons). Um fóton ou nêutron incidindo na matéria pode atravessá-la sem interagir, e conseqüentemente sem perder energia. Ou pode interagir e perder sua energia em uma ou poucas colisões. Uma partícula carregada, por outro lado, interage com um ou mais elétrons ou com o núcleo de todo átomo ou molécula que encontra. A maioria destas interações transfere, individualmente, uma pequena fração da energia da partícula incidente. A probabilidade de uma partícula carregada passar pela matéria sem interagir é desprezível. Uma partícula carregada de 1 MeV colide tipicamente 10^5 vezes antes de perder toda a sua energia. A energia transferida de cada partícula carregada para o meio, em cada interação individual, é geralmente pequena. O poder de frenamento é o parâmetro utilizado para descrever a perda gradual de energia quando um elétron penetra em um meio absorvedor. Duas classes de poderes de frenamento são conhecidas: o poder de frenamento colisional que resulta da interação com os elétrons orbitais e o poder de frenamento radiativo que resulta da interação com o núcleo.

Quando um elétron atravessa um meio, seja gasoso ou sólido, este pode interagir através de três modos diferentes, que dependem do tamanho do parâmetro de impacto b comparado com o raio do átomo clássico a . Esses três modos são:

- Interação da força coulombiana da partícula carregada com o campo nuclear externo para $b \ll a$ (colisão radiativa).
- Interação da força coulombiana da partícula carregada com o elétron orbital para $b \approx a$ colisão (colisão dura).
- Interação da força coulombiana da partícula carregada com o elétron orbital para $b \gg a$ (colisão suave).

Geralmente, as partículas carregadas sofrem um grande número de interações. Em cada interação sua trajetória é alterada (espalhamento elástico ou inelástico) e pode perder energia cinética que será transferida para o meio ou para os fótons (perda radiativa).

As colisões radiativas, suaves e duras são ilustradas esquematicamente na Figura 1.

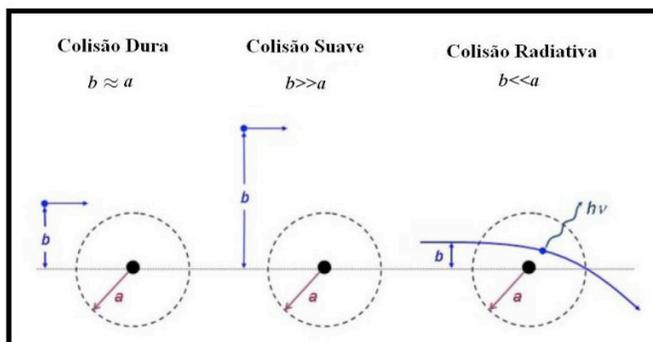


Figura 1: Três diferentes tipos de colisão de uma partícula carregada com um átomo em função dos tamanhos relativos do parâmetro de impacto b e do raio atômico a .

A taxa de energia perdida por unidade de distância percorrida por uma partícula carregada em um meio é chamada de poder de frenamento linear (dE/dx). O poder de frenamento linear é, tipicamente, dado em unidade de $\text{MeV.cm}^2/\text{g}$.

O poder de frenamento total S_{tot} para uma partícula carregada através de um meio absorvedor é a soma do poder de frenamento radiativo com o colisional.

Teoricamente, as interações dos elétrons podem ser simuladas da mesma maneira que as dos fótons. Contudo, elétrons interagem milhões de vezes mais que fótons, consumindo muito mais tempo de simulação. O tempo computacional requerido para este lento processo de transporte de evento por evento seria impraticável. Por este motivo, a simulação por Monte Carlo destas partículas torna-se mais complexa. Este problema é considerado no EGSnrc utilizando a técnica de história condensada descrito por BERGER [5]. Neste método, um grande número de interações individuais são condensadas em uma único passo. Todo o efeito deste passo é modelado através das distribuições da teoria do espalhamento múltiplo.

A técnica da história condensada é uma aproximação razoável considerando que em muitos casos uma única interação causa uma pequena mudança da direção e energia do elétron. Mais detalhes podem ser encontrados; no trabalho de KAWRAKOW e BIELAJEW [6].

4 | CÓDIGO PEGS4 (PREPROCESSOR OF EGS4)

O EGSnrc contém em seu pacote o PEGS4 (do inglês: *Preprocessor of EGS4*) que é uma interface onde o usuário pode criar bibliotecas de *stopping power* e seções de choque para qualquer elemento, composição ou mistura para uma determinada faixa

de energia [3].

O EGSnrc contém em seu pacote duas bibliotecas chamadas 521ICRU e 700ICRU, que contêm dados de poderes de frenamento e seção de choque do ICRU 37 [7]. Estas bibliotecas foram utilizadas neste trabalho.

5 | ENERGIA DE CORTE

Há uma variedade de parâmetros de transporte no EGSnrc que devem ser especificados para cada simulação. Um deles é a energia de corte. Se a energia da partícula atingir um valor abaixo da energia de corte a simulação por Monte Carlo do transporte da partícula pára e sua respectiva energia é depositada localmente. Há uma energia de corte para elétrons e outra para fótons.

6 | CÓDIGO BEAMNRC

BEAMnrc [30] é um código computacional utilizado para modelar qualquer fonte de radioterapia, em geral cabeçotes de aceleradores lineares clínicos com feixes de fótons ou elétrons, incluindo raios-X de baixa energia e unidades de cobalto. Este foi desenvolvido como parte do projeto OMEGA (do inglês, *Ottawa Madison Electron Gamma Algorithm*) para o desenvolvimento de planejamento de tratamento em três dimensões baseado em simulação de Monte Carlo.

O BEAMnrc foi extensivamente comparado contra distribuições de dose medidas para uma variedade de aceleradores e um bom resultado foi obtido para o PDP no eixo central assim como curvas de perfis de dose do campo de irradiação.

A simulação de um acelerador linear clínico a partir do BEAMnrc é possível através de uma série de módulos componentes (CMs, do inglês: *component modules*) existentes como opção de construção de geometria no código. Cada módulo componente existente representa um componente do acelerador linear utilizado para tratamento. Cada módulo componente opera independentemente dos outros. Cada um está contido entre dois planos que são perpendiculares ao eixo z e que não podem se sobrepor. A independência dos CMs permite que cada um seja testado individualmente. A dose pode ser registrada em certo número de regiões arbitrárias. Os módulos componentes que foram utilizados neste trabalho para o acelerador linear Varian Clinac 2300 C/D são descritos no capítulo Materiais e Métodos.

O BEAMnrc também contém um visualizador gráfico, chamado *Preview*, onde é possível visualizar cada módulo componente individualmente assim como todos os módulos componentes necessários à criação de um cabeçote de acelerador linear.

O BEAMnrc contém 14 rotinas de fontes que podem ser utilizadas. Em geral as partículas incidentes que compõem as fontes se movem na direção do eixo z. Conceitualmente, algumas se originam fora da região de modelagem do acelerador e são

transportadas pelo vácuo do acelerador, onde tem início o plano do acelerador.

Uma das principais características do BEAMnrc é que o arquivo de espaço de fase pode ser utilizado como fonte entre quaisquer dois CMs no acelerador. No arquivo de espaço de fase ficam armazenadas as informações de cada partícula que cruzou o plano de contagem. Informações sobre ângulo, energia, posição, carga e direção.

O BEAMnrc tem três importantes arquivos de saída: A listagem de saída, o arquivo de espaço de fase e o arquivo gráfico. O arquivo de listagem de saída é sempre criado durante a simulação. Ele contém toda a informação de dados de entrada para a simulação do acelerador, uma especificação exata do modelo do acelerador utilizado e os parâmetros geométricos para cada módulo componente. O arquivo de espaço de fase é opcional. Ele contém informações individuais de cada partícula cruzando o plano de contagem. Este arquivo pode ser reutilizado pelo BEAMnrc ou analisado, utilizando o programa BEAMDP ou mesmo sendo utilizado como fonte no DOSXYZnrc. Outro importante arquivo de saída opcional é o arquivo gráfico com uma representação simples para ser utilizada no EGS_Windows. O usuário pode solicitar o arquivo de saída de uma história completa, que contém cada passo ao longo da trajetória da partícula, que poderá ser executado no EGS_Windows, gerando uma imagem em três dimensões.

Para estimar a incerteza estatística do resultado obtido com Monte Carlo, o BEAMnrc utiliza o método de história por história. A incerteza de cada quantidade contada x é definida na equação 1:

$$s^2_{(x)} = \frac{1}{N-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} - \left(\frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \right)^2 \right) \quad (1)$$

onde x_i é a quantidade contada na i -ésima história independente e N é o número de histórias independentes [8].

7 | CÓDIGO BEAMDP

BEAMDP (do inglês: *BEAM Data Processor*) é um programa interativo utilizado para analisar parâmetros de feixes clínicos de elétrons ou fótons contidos nos arquivos de espaço de fase gerados pelo BEAMnrc. Todos os gráficos de parâmetros tais como: distribuição espectral, fluência *versus* posição, distribuição de energia média e outros são gerados pelo programa BEAMDP [9].

8 | CÓDIGO DOSXYZNRC

O DOSXYZnrc é um código de usuário do EGSnrc para calcular dose absorvida da radiação em um *voxel*¹ retangular baseado em um simulador geométrico. Este simula

¹ **Voxel**: aglutinação de *volume* e *element*, ou seja, elemento de volume. Representa um valor em uma matriz em três dimensões. É análogo ao pixel, o qual representa uma inforação em duas dimensões. *Voxels* são frequentemente

o transporte da partícula em um volume Cartesiano e armazena a energia depositada em todos os *voxels* designados. As dimensões dos *voxels* são independentes em todas as três direções. O material e a densidade de cada *voxel* podem ser especificados individualmente. Para a análise estatística, o método história por história é adotado na contagem de quantidades de interesse (por exemplo, energia depositada).

O código DOSXYZnrc é apresentado para o usuário em interface gráfica onde permite que dados de entrada sejam criados e executados graficamente.

A geometria do DOSXYZnrc é um volume retangular com o plano X-Y na página, o plano X para a direita e Y para a esquerda e o plano Z entrando na página. As dimensões dos *voxels* são completamente variáveis em todas as direções. Cada *voxel* pode ter diferentes materiais e/ou variadas densidades (para a utilização com a tomografia computadorizada). O código permite diferentes tipos de fontes, tais como fonte pontual monoenergética com feixe divergente ou paralelo, além de ter a opção de utilizar o arquivo de espaço de fase gerado previamente por uma simulação de um acelerador linear pelo BEAMnrc. Esta última foi utilizada como rotina de fonte no presente trabalho.

Neste código há também a possibilidade de utilizar uma tomografia computadorizada (CT, do inglês, *computed tomography*) como geometria de cálculo para a dose absorvida. No entanto, para isso há a necessidade de conversão da CT para uma matriz que represente os materiais e densidades presentes na tomografia no volume Cartesiano do código. Para esta conversão é necessário o programa *ctcreate*.

O *ctcreate* é um programa independente, mas que auxilia o DOSXYZnrc a converter a informação obtida na imagem de CT em dados necessários para executar a simulação no DOSXYZnrc. Até o presente momento ele suporta apenas arquivos de CT dos sistemas de planejamento do CADPLAN da *Varian Medical Systems*, Pinnacle da *Philips Healthcare* e formatos de arquivos DICOM², além de um formato desenvolvido pela Associação Americana de Físicos Médicos (AAPM, do inglês: *American Association of Physicists in Medicine*) [10].

REFERÊNCIAS

[1] KAWRAKOW, I., ROGERS, D. W. O., *The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport*, Technical Report PIRS-701, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2000.

[2] KAWRAKOW, I., ROGERS, D. W. O., SEUNTJENS, J.P., WALTERS, B.R.B., HING, M.E., *NRC User Codes for EGSnrc*, Technical Report PIRS-702, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2003.

[3] KAWRAKOW, I., ROGERS, B. R. B., HING, M. E., *EGSnrcMP: The Multi-Platform Environment for EGSnrc*, Technical Report PIRS-877, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2003.

utilizados em visualizações de análises médicas. Alguns mostradores volumétricos utilizam *voxels* para descrever sua resolução.

[4] ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements), Report 37, *Stopping Powers for Electrons and Positrons*, ICRU Publications, Washington DC, 1984.

[5] KAWRAKOW, I., ROGERS, D. W. O., WALTERS, B., *BEAMnrc Users Manual*, Technical Report PIRS-509, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2004.

[6] BERGER, M.J., 1963, "Monte Carlo Calculation of the penetration and diffusion of fast charged particles", in Academic Press, *Methods in Computational Physics*, pp 135-215, New York.

[7] KAWRAKOW, I., BIELAJEW, F., 1998, "On the condensed history technique for electron transport", *Nuclear instruments and Methods*, 143B-253.

[8] ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements), Report 37, *Stopping Powers for Electrons and Positrons*, ICRU Publications, Washington DC, 1984.

[9] SEGO, Z., 2006, *Multiple-source models for the beams from an Elekta SL25 clinical accelerator*, Master Dissertation, University of Carleton, Ottawa, Canada.

[10] MA, C.M., ROGERS, D. W. O., *BEAMDP as a General-Purpose Utility*, Technical Report, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2006.

[11] KAWRAKOW, I., ROGERS, D. W. O., WALTERS, B., *DOSXYZnrc Users Manual*, Technical Report PIRS-794, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2005.

FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO E CRIAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Data de aceite: 01/12/2022

Henderson Matsuura Sanches

Centro Universitário do Distrito Federal
(UDF)
Asa Sul – DF

RESUMO: Na busca de ferramentas de criação e desenvolvimento de ontologia encontramos algumas ferramentas, a *Ontology Web Language* (OWL) é linguagem padrão para a criação de ontologias. O objetivo deste trabalho é apresentar ferramentas para o desenvolvimento e a criação de ontologia, a metodologia aplicada sendo bibliográfica e com o grande avanço que a web vem passando nas últimas décadas, uma coisa chama a atenção, o volume crescente de dados na *Web Semântica* representa a evolução da *Web* atual. Este artigo contribui para a disseminação das ferramentas existentes na criação de ontologias e proporciona aos pesquisadores opções no desenvolvimento de ontologias.

PALAVRAS-CHAVE: Ontologia, Ferramenta, OWL, Criação, Desenvolvimento.

ABSTRACT: In the search for ontology

creation and development tools we found some tools, the *Ontology Web Language* (OWL) is the standard language for creating ontologies. The objective of this work is to present tools for the development and creation of ontology, the methodology applied being bibliographical and with the great advance that the web has been going through in the last decades, one thing draws attention, the growing volume of data in the *Semantic Web* represents the evolution of the current *Web*. This article contributes to the dissemination of existing tools in the creation of ontologies and provides researchers with options in the development of ontologies.

KEYWORDS: Ontology, Tool, OWL, Creation, Development.

1 | INTRODUÇÃO

Na busca pela informatização de ferramentas de ontologias, encontramos algumas ferramentas, *frameworks*, *plugins* que auxiliam no desenvolvimento de ontologias. Entretanto, muitas dessas ferramentas servem de apoio para a aprendizagem (MORAIS, 2012). Uma ontologia é uma especificação formal

e explícita de uma conceitualização compartilhada, ou seja, a ontologia descreve os conceitos e também os relacionamentos que existem entre esses conceitos. A *Ontology Web Language* (OWL) é a linguagem padrão para a criação de ontologias na *web*. Ela possibilita a criação de ontologias mais expressivas quando comparada, por exemplo, a ontologias em *Resource Description Framework* (RDF) (LIMEIRA, MOREIRA, 2020).

A *Web Semântica* surge como uma possível solução para a estruturação semântica dos dados na *Web*, viabilizando o processamento da informação por parte das máquinas. Berners-Lee (2001), idealizador da nova *Web*, cita um exemplo do que a *Web Semântica* será capaz de fazer (DZIEKANIAK; KIRINUS, 2004).

A construção de ontologias tem sido estudada por diversos autores na literatura, porém pouco se fala das ferramentas de criação de ontologia.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é apresentar algumas ferramentas para o desenvolvimento e a criação de ontologia.

2 | CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIA

As técnicas para construção de ontologias têm se desenvolvido por iniciativas de especialistas de diversas áreas. Muitas comunidades científicas utilizam ontologias: a de inteligência artificial (no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento), a que estuda linguagens naturais (para caracterizar o sentido e o significado das palavras), a de bancos de dados (como esquema conceitual e para buscar interoperabilidade semântica), a de recuperação da informação (abordagem semântica), e a comunidade de ciência da informação (por exemplo, no estudo de metadados, visando a melhoria da eficiência na recuperação da informação) (ALMEIDA 2003).

A construção e manipulação de ontologias tem sido sistematizada por metodologias e por não ser o foco deste trabalho será apenas mencionado com: *Methontology*, *Cyc*, *KACTUS*, *On-to-knowledge*, *Sensus*, *Enterprise*, *Systematic Approach for Building Ontologies (SABIO)*, *Ontobio*; *Medical Subject Heading-ns (MeSH)*; *Gene Ontology (GO)*; *Open Biomedical Ontologies (OBO)*; *Foundational Model of Anatomy (FMA)*, *SNOMED Clinical Terms (SNOMED CT)* entre outras.

3 | TIPOS DE ONTOLOGIAS

Segundo (SANCHES, 2017), a ontologia pode ser classificada em 5 (cinco) tipos/ categorias, sendo observado na Tabela 1.

TIPOS/CATEGORIA DE ONTOLOGIA	DESCRIÇÃO
Ontologias Genéricas	são consideradas ontologias “gerais”. Descrevem conceitos mais amplos, como elementos da natureza, espaço, tempo, coisas, estados, eventos, processos ou ações, independente de um problema específico ou domínio particular.
Ontologias de Domínio	descrevem conceitos e vocabulários relacionados a domínios particulares, tais como medicina ou computação, por exemplo. Este é o tipo de ontologia mais comum, geralmente construída para representar um “micromundo”.
Ontologias de Tarefas	descrevem tarefas ou atividades genéricas, que podem contribuir na resolução de problemas, independente do domínio que ocorrem, por exemplo, processos de vendas ou diagnóstico. Sua principal motivação é facilitar a integração dos conhecimentos de tarefa e domínio em uma abordagem mais uniforme e consistente, tendo por base o uso de ontologias.
Ontologias de Aplicação	descrevem conceitos que dependem tanto de um domínio particular quanto de uma tarefa específica. Devem ser especializações dos termos das ontologias de domínio e de tarefas correspondentes. Estes conceitos normalmente correspondem a regras aplicadas a entidades de domínio enquanto executam determinada tarefa.
Ontologias de Representação	Explicam as conceituações que fundamentam os formalismos de representação de conhecimento, procurando tornar claros os compromissos ontológicos embutidos nestes formalismos.

Tabela 1: Tipos de Ontologia (SANCHES, 2017).

A Figura 1 apresenta as ontologias de aplicação, conforme a explicação dos 5 (cinco) tipos/categorias de ontologias.



Figura 1: Ontologias de Aplicação (Adaptado de MORAIS; AMBRÓSIO, 2007).

4 | WEB SEMÂNTICA

Para SANCHES, 2017), a *Web Semântica* representa a evolução da *Web* atual.

Enquanto a *Web* tradicional foi desenvolvida para ser entendida apenas pelos usuários, a *Web Semântica* está sendo projetada para ser compreendida pelas máquinas, na forma de agentes computacionais, que são capazes de operar eficientemente sobre as informações, podendo entender seus significados. Desta maneira, elas auxiliarão os usuários em operações na *Web*.

Para (LIMEIRA, MOREIRA, 2020), com o grande avanço que a *web* vem passando nas últimas décadas, uma coisa chama a atenção, o volume crescente de dados. Quando se fala em *Web Semântica*, entende-se que as tecnologias e ferramentas envolvidas necessitam de aprimoramentos e inovações constantes para acompanhar tamanha ascendência.

5 | FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO E CRIAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Existem várias ferramentas para a criação de ontologia. No *site* da W3C tem algumas ferramentas de criação de ontologia, mas, por se tratar de uma tarefa dispendiosa, na Tabela 2 apresenta algumas ferramentas para a construção de ontologias informado por (SANCHES, 2017).

Ao pesquisar ferramentas de ontologia não apresenta muitas opções tanto na língua portuguesa quanto inglesa, sem mencionar que algumas ferramentas informada em outros trabalhos ao pesquisar no *site* da mesma encontra-se fora do ar ou encontra-se descontinuada.

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO
OntoEdit	É um ambiente gráfico para edição de ontologias que permite inspeção, navegação, codificação e alteração de ontologias. O modelo conceitual é armazenado usando um modelo de ontologia que pode ser mapeado em diferentes linguagens de representação. As ontologias são armazenadas em bancos relacionais e podem ser implementadas em XML, FLogic, RDF(S) e DAML+OIL (MAEDCHE; VOLZ, 2001).
WebODE	É um ambiente para engenharia ontológica que dá suporte à maioria das atividades de desenvolvimento de ontologias. A integração com outros sistemas é possível, importando e exportando ontologias de linguagens de marcação. Integrado serviço de importação e exportação em XML, RDF(S), DAML + OIL, OWL, CARIN, FLogic, Jess, Prolog (WebODE, 2022).
Menthor Editor (ME)	O ME é uma ferramenta de modelagem multiplataforma que roda no <i>Windows</i> , <i>GNU/Linux</i> e <i>MacOSX</i> , sendo um <i>software</i> livre que constrói, valida e implementa as ontologias criadas utilizando a especificação <i>OntoUML</i> sendo baseada nos padrões da <i>Unified Modeling Language</i> (UML). Em conformidade com as distinções ontológicas de uma teoria bem fundamentada, com o nome de <i>Unified Ontology Fundamental</i> (UFO) (MENTHOR, 2018).
Protégé	É um ambiente interativo para projeto de ontologias de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para criação de ferramentas baseadas em conhecimento. A arquitetura é modulada e permite a inserção de novos recursos (PROTÉGÉ, 2022).

Tabela 2: Ferramentas de Criação de Ontologia (SANCHES, 2017).

Segundo (VEIGA et. all, 2016), nos apresenta duas ferramentas sendo elas:

- **OntoWiki** sendo uma *wiki* de dados semânticos, permitindo a criação e edição de ontologias através de uma interface *Web*. Sua abordagem é centrada na apresentação da informação e tem como objetivo simplificar a apresentação e aquisição de instâncias de dados de/para usuários. Isso é feito através da representação do conhecimento como “mapas de informação”: cada nó no mapa de informação é representado de maneira intuitiva para os usuários.
- **Tainacan Ontology** um editor de ontologias baseado na plataforma *Wordpress*, cujo intuito é oferecer uma interface simples e intuitiva para que usuários não especialistas em ontologias e sem conhecimentos aprofundados dos padrões da Web Semântica possam criar suas próprias ontologias.

Conforme o *site* do aplicativo **OntoUML** é uma linguagem ontologicamente bem fundamentada para modelagem conceitual orientada por ontologia. OntoUML é construído como uma extensão UML baseada na *Unified Foundational Ontology* (UFO). As fundações de UFO e OntoUML podem ser rastreadas até o doutorado de Giancarlo Guizzardi. tese. Em seu trabalho, ele propôs uma nova ontologia fundamental para modelagem conceitual (UFO) e a empregou para avaliar e redesenhar um fragmento do metamodelo UML 2.0 para fins de modelagem conceitual e engenharia de ontologia de domínio (OntoUML, 2022).

6 | CONCLUSÃO

Este artigo contribui para a disseminação das ferramentas existentes na criação de ontologias e proporciona aos pesquisadores opções no desenvolvimento de ontologias sendo elas no meio computacional, textual, na saúde, biomédica, na *Web Semântica*. Este artigo buscou apresenta algumas ferramentas para a criação e desenvolvimento de ontologias, algumas com implementação para a *Web Semântica*, como o *Protégé*. Mesmo com pouca informação de ferramentas na construção de ontologias, caberá ao pesquisador a decisão da melhor ferramenta na criação da ontologia.

REFERÊNCIAS

LIMEIRA, MOREIRA KGWE - A customizable editor for OWL ontologies XIX Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA 2020), São Luís, Brasil. Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia 2020).

MORAES, S. M. W. **CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS ONTOLÓGICAS A PARTIR DE TEXTOS: UM ESTUDO BASEADO NO MÉTODO FORMAL CONCEPT ANALYSIS E EM PAPÉIS SEMÂNTICOS**, 2012. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Faculdade de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OntoUML – Disponível em <<https://ontouml.org/ontouml/>> acessado em agosto de 2022

PROTÉGÉ – Disponível em <<http://protege.stanford.edu/>> acessadas em Junho de 2022.

SANCHES, H. M. **ONTO-MAMA-NM: UM MODELO ONTOLÓGICO DE TRATAMENTO DE NEOPLASIA MAMÁRIA**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

VEIGA, MARTINS, SILVA Ferramentas de Apoio à Criação e Edição de Ontologias: Tainacan Ontology e uma Análise Comparativa ONTOBRAS 2016.

WebODE – Disponível em <<http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/old-technologies/60-webode/>> acessado em Setembro de 2022.

W3C - World Wide Web. Disponível em <<http://www.w3.org>> acessado em Março de 2022.

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE VITROCERÂMICAS OBTIDAS A PARTIR DE PÓ DE VIDRO RECICLADO DE PARA-BRISAS E ADIÇÃO DE Nb_2O_5

Data de aceite: 01/12/2022

Hiasmim Rohem Gualberto

Instituto Politécnico - IPRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Nova Friburgo - RJ
Instituto Federal Fluminense – IFF, campus Quissamã, Rio de Janeiro - RJ

Mônica Calixto de Andrade

Instituto Politécnico - IPRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Nova Friburgo - RJ

Edgard Poiate Júnior

Instituto Politécnico - IPRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Nova Friburgo - RJ

Luiz Carlos Bertolino

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Rio de Janeiro - RJ

Domenio de Souza Faria

Instituto Politécnico - IPRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Nova Friburgo - RJ

RESUMO: A reutilização e a reciclagem de produtos em final de vida útil são cruciais quando se consideram os problemas ambientais causados pelos resíduos gerados. Vitrocerâmicas apresentam uma

matriz amorfa com cristais dispersos e podem ser produzidas a partir da cristalização controlada do vidro. Esse trabalho propôs a produção de vitrocerâmicas a partir de pó de vidro oriundo de para-brisas descartados, agregando valor ao resíduo. Também foram adicionadas diferentes concentrações de pentóxido de nióbio (Nb_2O_5) para atuar como agente nucleante e facilitar a cristalização. Foram obtidas quatro composições: sem Nb_2O_5 , com 5%, 10% e 15% de Nb_2O_5 . No processo de produção foi adotada a temperatura de sinterização de 700°C e dois tempos de sinterização, 1 h e 3 h. Foram realizadas a difração de raios x para análise das estruturas cristalinas, e microscopia eletrônica de varredura (MEV) da superfície de fratura. Para caracterização mecânica foi realizada a tração diametral. As medidas dos CPs (corpos de prova) foram avaliadas pela retração linear e por análise do volume. A difração de raios x mostrou a presença de fases cristalinas em 700°C apenas na presença do agente nucleante. Além disso, foi evidenciada a estrutura cristalina isoleucita referente ao niobato de sódio, que apresenta propriedades dielétricas de interesse. Já a retração linear foi reduzida a medida que o Nb_2O_5 era adicionado, mostrando que o agente nucleante dificulta

a sinterização das peças. Sem a adição do agente nucleante, foram obtidas as maiores resistências à tração diametral, sendo a maior de 25,57 MPa. No entanto, o desvio padrão foi elevado, fato que foi reduzido na presença do pentóxido de nióbio. Assim, mesmo o Nb_2O_5 tendo reduzido a resistência mecânica das vitrocerâmicas, ele ajudou a promover a cristalização, o que pode favorecer a reprodutividade das propriedades mecânicas.

PALAVRAS-CHAVE: Vitrocerâmicas, Reciclagem, Difração de Raios X, Tração Diametral, Pentóxido de Nióbio.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF GLASS-CERAMICS OBTAINED FROM RECYCLED GLASS POWDER OF WINDSHIELDS AND ADDITION OF Nb_2O_5

ABSTRACT: The reuse and recycling of end-of-life products is crucial when considering the environmental problems caused by the generated wastes. Glass ceramics have an amorphous matrix with dispersed crystals that can be produced from the controlled crystallization of glass. In this work, it is proposed the production of glass ceramics from glass powder obtained from discarded windshields, adding value to the waste. Additionally, different concentrations of niobium pentoxide (Nb_2O_5) were considered to act as a nucleating agent and facilitate the crystallization. Four compositions were obtained: without Nb_2O_5 and with 5%, 10% and 15% of Nb_2O_5 . In the production process, a sintering temperature of 700 °C and two sintering times of 1 h and 3 h were adopted. To study the produced glass ceramics, different characterization analyses were carried out. X-ray diffraction was performed to analyze the crystalline structures, and scanning electron microscopy (SEM) of the fracture surface. For the mechanical characterization, diametral traction was performed. Measurements of the specimens were performed by the linear shrinkage of the volume. By X-ray diffraction it was found that the presence of crystalline phases at 700 °C only occurs in the presence of the nucleating agent. In addition, the isoleucite crystal structure referring to sodium niobate was evidenced, which presents interesting dielectric properties. The linear shrinkage was reduced as the Nb_2O_5 was added, showing that the nucleating agent makes the sintering of the pieces more difficult. Without the addition of the nucleating agent, the highest diametral tensile strengths were obtained, with the highest being 25.57 MPa. However, the standard deviation were higher without the addition of the nucleating agent, being reduced with the presence of niobium pentoxide. Thus, even though Nb_2O_5 reduced the mechanical strength of glass-ceramics, it promotes crystallization, which may favor the reproducibility of mechanical properties.

KEYWORDS: Glass-ceramics, Recycling, X-Ray Diffraction, Diametral Traction, Niobium Pentoxide.

1 | INTRODUÇÃO

Com a obsolescência programada dos produtos, muito resíduo tem sido gerado (CASTRO, SOUZA, GONÇALVES, 2012). A fim de minimizar os efeitos do lixo gerado, legislações vêm surgindo, buscando promover a logística reversa, tal que a responsabilidade do destino do produto após o seu fim de vida é compartilhada tanto pelos consumidores

quanto pelos produtores. No Brasil tem-se a PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), Lei nº 12.305/10 (LEI Nº 12.305, 2010), que busca exercer esse papel. Pensando nisso, tem-se buscado novas utilidades para os materiais descartados, sempre associadas ao aumento do valor agregado e à diminuição de gastos energéticos (LU, et al, 2016; MI, et al., 2017; AVANCINI et al., 2018; SPÍNOLA, Danielle CS et al, 2019)

Um exemplo de material amplamente utilizado pela sociedade são os vidros, que podem ser reciclados ou reaproveitados de diversas maneiras. Quando se observa a indústria automobilística, nota-se uma montante de vidro elevada, pois cerca de 3% do peso de um veículo é composta por vidro (CASTRO, SOUZA, GONÇALVEZ, 2012), sendo que os para-brisas e janelas são trocados ao longo da vida útil do veículo. Além disso, segundo *WardsAuto* (2019), que apresenta uma das melhores estimativas sobre o número de veículos no mundo, há cerca de 1,32 bilhões de veículos nas ruas, sendo que esse número é crescente (VOLANTEC, 2019).

Visto que há muito vidro descartado necessitando de um destino, buscou-se um destino para os para-brisas descartados, produzir vitrocerâmicas a partir de resíduo do vidro dos para-brisas. Vitrocerâmicas são materiais compostos de uma matriz amorfa com cristais dispersos, que podem ser obtidos a partir da cristalização controlada de vidros (CHO, 2016). Além disso, apresentam excelentes propriedades mecânicas, estabilidade química e térmica, podendo ser usadas em uma ampla faixa de aplicações, como cooktops, espelho de telescópios, (ZANOTO, 2010; WANG, 2017; FAN,& LI, 2013).

Partindo de um material amorfo pré-existente, o vidro, reduz-se os gastos com a produção de vitrocerâmicas e a retirada de recursos da natureza. Assim, dá-se destino a um resíduo, produzindo um material com valor agregado. Logo, esse trabalho objetivou produzir vitrocerâmicas a partir de vidro de para-brisas, usando óxido de nióbio como agente nucleante, e avaliar a influência de diferentes concentrações desse agente nucleante e do tempo de sinterização nas propriedades mecânicas, e na variação dimensional das vitrocerâmicas produzidas.

2 | METODOLOGIA

2.1 Produção das vitrocerâmicas

As etapas dos processos realizados desde a obtenção do para-brisa até a produção da vitrocerâmica são apresentadas na Figura 1. A transformação do vidro em pó foi realizada através de corte, seguido de um processo de moagem, depois peneiramento em peneira com granulometria de 210 μm (Bertel, Brasil), em que as partículas maiores e os pedaços do PVB (polivinil butiral) foram removidos.

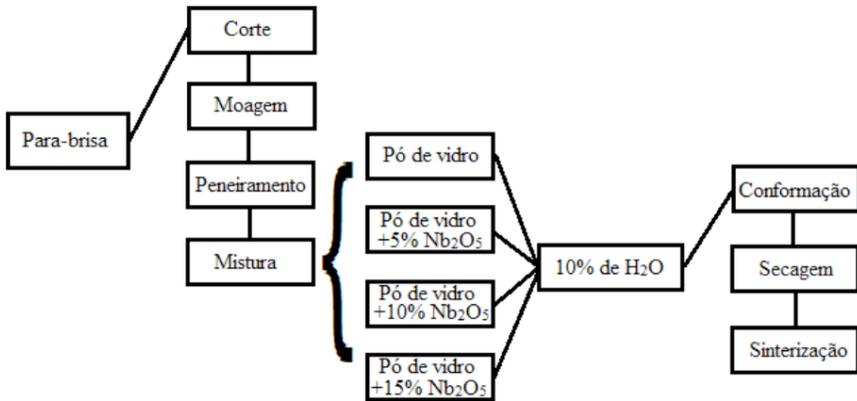


Figura 1: Esquema do processo de produção das vitrocerâmicas.

Após a obtenção do pó de vidro, este foi misturado com diferentes concentrações de óxido de nióbio. Sendo usados 5%, 10% e 15% p/p de Nb_2O_5 , além da composição sem esse óxido, ou seja, com 0%. Para facilitar a conformação foram adicionados 10% p/p de água, para atuar como agente aglutinante e facilitar a remoção da peça do molde.

O processo de conformação foi realizado em matriz circular metálica de 24,03 mm de diâmetro, com prensagem uniaxial com aplicação de uma carga de 25,77 MPa. Foram utilizados 3 g da mistura com 10% de água. Depois de conformadas, as peças produzidas foram secas em 110°C por um período de 1 h para remoção da água que foi adicionada. Em seguida foram sinterizadas em 700°C usando uma taxa de 5°C/min partindo da temperatura ambiente (N1100, Fornitec, Brasil) e ficando por 1 h em 700°C, para um grupo e 3 h para outro grupo de peças. Assim, foram produzidas vitrocerâmicas com quatro composições e dois tempos de sinterização, o que gerou 8 grupos de vitrocerâmicas.

A fim de facilitar a identificação desses lotes, eles foram chamados de L, sendo usado o número 1 ou 3 antes do L para representar o tempo de sinterização e os números 1, 2, 3 e 4 depois do L, que estão relacionados às porcentagens de 0%, 5%, 10% e 15% respectivamente. Por exemplo, o lote 3L4 representa o grupo de vitrocerâmicas que foram produzidas com 3 h de sinterização e com 15% de Nb_2O_5 .

2.2 Caracterização

A Difração de Raios X foi realizada no pó das vitrocerâmicas produzidas, utilizando radiação Cu K α (40 kV/25 mA), velocidade do goniômetro de 0,02° 2 θ por passo, com tempo de contagem de 1 segundo por passo, sendo coletados de 4 a 70° 2 θ (Bruker-D8, Endeavor, Estados Unidos). As interpretações qualitativas foram feitas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF2 (ICDD, 2006).

A Retração Linear do diâmetro (R) foi calculada para avaliar a variação das dimensões dos CPs após a sinterização, Eq. (1).

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i} 100\% \quad (1)$$

onde C_i é o diâmetro inicial do corpo de prova e C_f é o diâmetro após a sinterização. Além do diâmetro também foi medida a espessura. Tanto o diâmetro quanto a espessura são a média de 3 medições ao longo de cada CP. A avaliação da retração linear e das variações de dimensões, foi feita a partir da média de 10 CPs de cada lote.

Para as propriedades mecânicas foi realizado o teste de tração diametral segundo a norma ASTM D 3967 – 05, *Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens* (2005). Nesse ensaio é aplicada uma carga de compressão para gerar uma tensão de tração. Na Figura 2, tem-se a configuração deste ensaio (AGX-Plus, Shimadzu, Japão). Nessa figura, também se observa um dispositivo usado para manter o CP na posição desejada durante a aproximação e contato com a base de aplicação da carga. Recomenda-se o uso de no mínimo 10 amostras para cada lote.

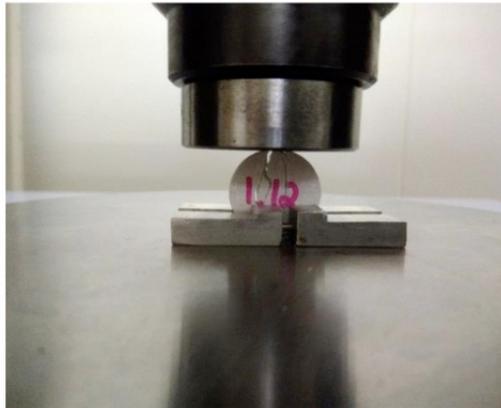


Figura 2: Aparato do ensaio de tração diametral pos teste do CP.

Pela Equação 2, determina-se a resistência à ruptura da Tração Diametral, σ_t . Nessa Equação, P é a carga em que a ruptura ocorreu, L e D são a espessura e o diâmetro do CP, respectivamente.

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

Para as vitrocerâmicas desse trabalho, foi usada a taxa de deslocamento de 0,5 mm/min, visto que a fratura deve ocorrer em um intervalo de tempo entre 1 a 10 minutos.

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada nos CPs na superfície de fratura das vitrocerâmicas. Além disso, como os materiais vitrocerâmicos não são condutores, foi necessário recobrir com ouro (JSM-6510LV JEOL, Japão). As imagens

geradas foram feitas com aumento de 1000x.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A difração de raios x das vitrocerâmicas produzidas é apresentada na Figura 3, em (a) tem-se os difratogramas das peças sinterizadas por 1 h e em (b) das sinterizadas por 3 h. Foram identificadas as estruturas cristalinas Zeolita (Z), Estilbita (S), Isoleucita (I) e Quartzo (Q), sendo este último uma estrutura imperfeita, pois é evidenciado apenas um pico referente a estrutura.

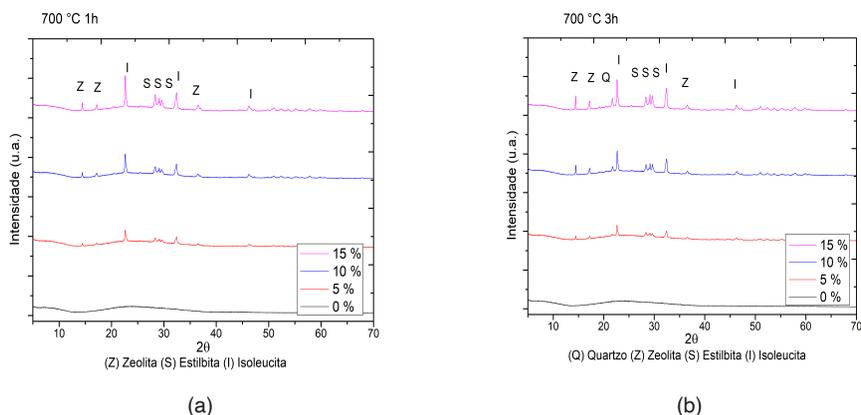


Figura 3: Difratogramas das vitrocerâmicas sinterizadas por 1 h (a) e por 3 h(b)

Percebe-se que sem a adição de Nb_2O_5 , o vidro não cristaliza em nenhum dos tempos de sinterização. As diferentes adições de Nb_2O_5 revelam que a cristalização é facilitada, visto que os picos dos minerais característicos foram se tornaram mais intensos. Além disso, os picos da estrutura Isoleucita (I), que é uma estrutura peroviskita, apresentam elevada intensidade, o que revela um aumento da concentração dessa estrutura. Essa estrutura trata-se de um niobato de sódio, que apresenta propriedades elétricas diferentes das vitrocerâmicas com somente pó de vidro reciclado (AZEVEDO, 2010).

Em relação aos diferentes tempos de sinterização, percebe-se que há uma redução no pico em $22,61^\circ$, o de maior intensidade da estrutura cristalina Isoleucita, quando sinterizada em 3 h. Todavia, evidenciou-se um novo pico em $21,74^\circ$, não notado quando sinterizado por 1 h. Como mencionado anteriormente, esse pico pode estar relacionado ao Quartzo (GUALBERTO, 2019).

Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões das vitrocerâmicas, bem como o volume obtido e a retração linear do diâmetro ocorrida depois do processo de sinterização. No geral, o maior tempo de sinterização contribuiu para diminuição da espessura, diâmetro e

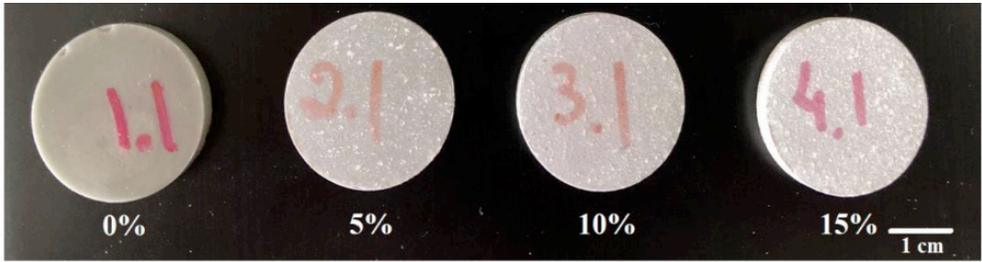
volume e conseqüentemente elevação da retração linear, em relação às peças sinterizadas por 1 h. Em relação à influência do Nb_2O_5 , nota-se que há uma diminuição da espessura, mas aumento do diâmetro com o aumento da adição do Nb_2O_5 , em ambos os tempos. Essas alterações também resultaram em redução da retração linear e aumento do volume da peça.

Lote	Descrição		Média 1 h	D.P.	Média 3 h	D.P.
L1	Pó de vidro + 0% de Nb_2O_5	Espessura (mm)	3,29	0,03	3,28	0,05
		Diâmetro (mm)	20,69	0,02	20,64	0,03
		Retração linear (%)	13,88	0,08	14,11	0,13
		Volume (mm^3)	1108,22	10,87	1097,55	15,91
L2	Pó de vidro + 5% de Nb_2O_5	Espessura (mm)	3,26	0,05	3,24	0,03
		Diâmetro (mm)	20,97	0,02	21,00	0,03
		Retração linear (%)	12,75	0,08	12,61	0,10
		Volume (mm^3)	1126,91	17,90	1121,32	14,68
L3	Pó de vidro + 10% de Nb_2O_5	Espessura (mm)	3,26	0,06	3,14	0,03
		Diâmetro (mm)	21,44	0,02	21,40	0,02
		Retração linear (%)	10,77	0,11	10,95	0,09
		Volume (mm^3)	1173,04	29,73	1128,76	13,12
L4	Pó de vidro + 15% de Nb_2O_5	Espessura (mm)	3,27	0,06	3,17	0,09
		Diâmetro (mm)	22,10	0,06	21,94	0,03
		Retração linear (%)	8,03	0,25	8,68	0,13
		Volume (mm^3)	1249,83	26,61	1188,81	11,69

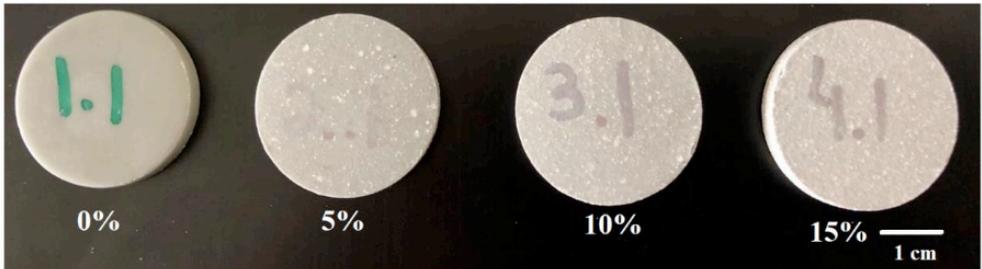
Tabela 1: Propriedades dimensionais das vitrocerâmicas.

As alterações de dimensão são visíveis entre os lotes, como pode ser observado na Figura 4. Nesta figura, tem-se em (a) os lotes sinterizados por 1 h e em (b) os lotes sinterizados por 3 h. Também, observa-se mudança na aparência das vitrocerâmicas, mudando de uma superfície lisa e mais cinza para uma superfície rugosa, mais clara e com pontos brancos que podem ser relacionados ao óxido de nióbio.

Como foi observada na difração de raios x, a cristalização só é desencadeada em 700°C quando há a presença do agente nucleante. Estudos mostram que o processo de sinterização desse tipo de material ocorre por meio de fluxo viscoso (GUALBERTO, 2019). Quando a cristalização ocorre antes do término da sinterização, ela pode prejudicar a sinterização produzindo um material menos denso, ou seja, mais volumoso, que teve menor retração linear. O surgimento dos cristais aumenta a viscosidade do fluxo e dificulta a densificação (FAN & LI 2013; FREDERICCI, 2011).



(a)



(b)

Legenda: (a) Vitrocerâmicas sinterizadas por 1 h e (b) vitrocerâmicas sinterizadas por 3 h.

Figura 4: Amostras das vitrocerâmicas de cada lote produzido.

Os resultados da caracterização mecânica realizada por meio de tração diametral são apresentados na Figura 5. Nota-se que a adição do Nb_2O_5 traz uma redução significativa nos valores da resistência quando comparado com os resultados das vitrocerâmicas sem o uso do agente nucleante. Ocorre uma queda de aproximadamente 25 MPa para valores menores que 10 MPa. Por outro lado, quando observado o desvio padrão, esse tem uma redução quando as vitrocerâmicas são produzidas com Nb_2O_5 . Isso revela que o uso desse óxido produz vitrocerâmicas com melhor reprodutibilidade, podendo estar relacionado à maior homogeneização dos cristais no interior da vitrocerâmica proporcionada pelo agente nucleante.

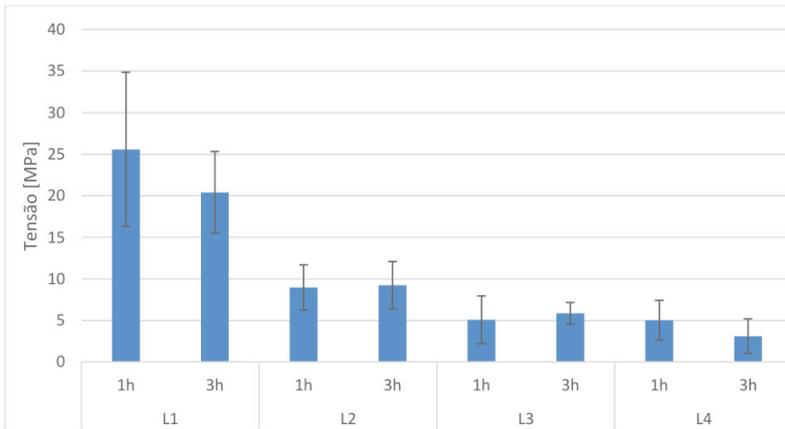
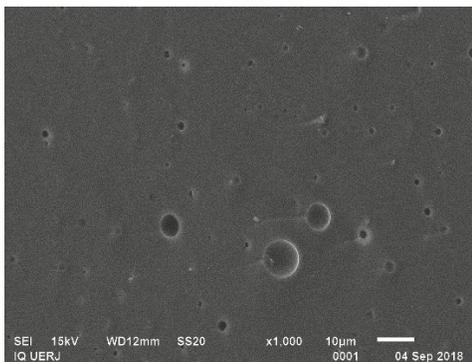
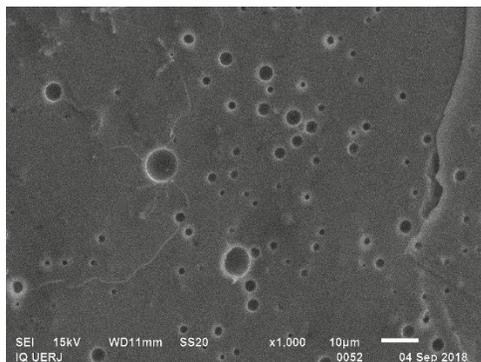


Figura 5: Resistência à tração indireta das vitrocerâmicas produzidas em 700°C.

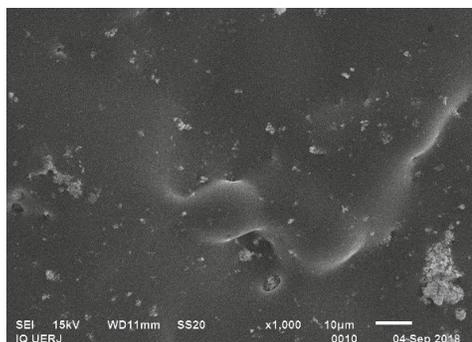
A Figura 6 apresenta as fractografias das vitrocerâmicas produzidas. Por essas micrografias pode-se observar a presença de poros e aglomerados de óxido de nióbio. Esses fatos podem estar relacionados com a redução de resistência ocorrida com a adição de Nb_2O_5 .



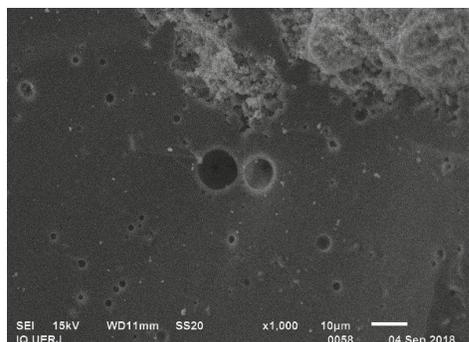
(a)



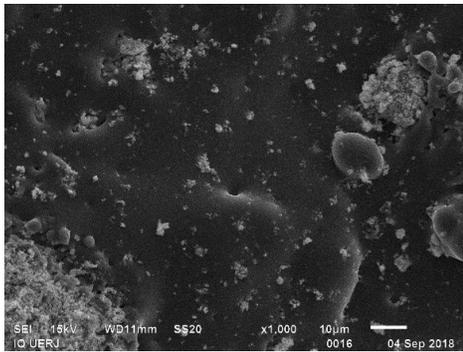
(b)



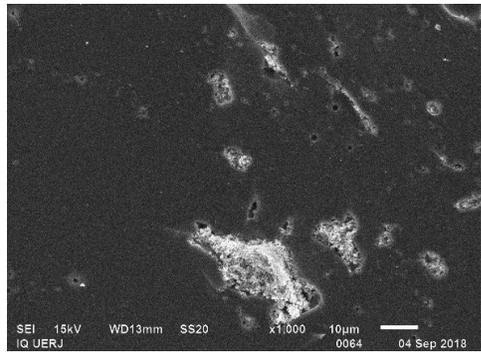
(c)



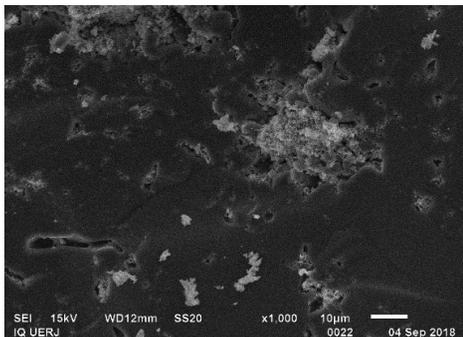
(d)



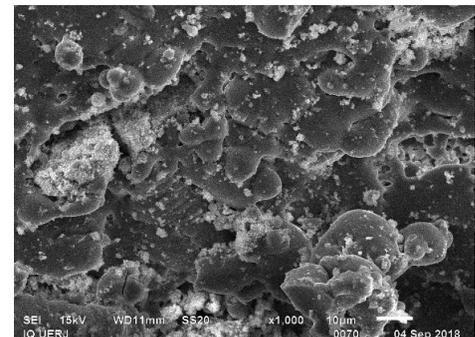
(e)



(f)



(g)



(h)

Legenda: Vitrocerâmicas produzidas com: (a) 0% de Nb_2O_5 em 1 h, (b) 0% de Nb_2O_5 em 3 h, (c) 5% de Nb_2O_5 em 1 h, (d) 5% de Nb_2O_5 em 3 h, (e) 10% de Nb_2O_5 em 1 h, (f) 10% de Nb_2O_5 em 3 h, (g) 15% de Nb_2O_5 em 1 h, (h) 15% de Nb_2O_5 em 3 h.

Figura 6: MEV da superfície de fratura das peças sinterizadas em 700 °C.

4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada a produção de vitrocerâmicas a partir de vidro de para-brisas descartados. Notou-se que a adição do Nb_2O_5 permite a cristalização do vidro em 700°C, além de favorecer a formação da fase cristalina de uma estrutura piezoelétrica, o niobato de sódio. Em relação ao uso de maior tempo de sinterização, este não trouxe melhorias significativas a ponto de compensar os gastos energéticos com o maior tempo de sinterização. Já em relação às propriedades mecânicas obtidas pela tração diametral, elas revelaram redução da resistência com a adição do agente nucleante. Por outro lado, houve redução do desvio padrão, além de permitir a cristalização na temperatura de 700°C.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a FAPERJ pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D. 2938-95. **Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens**. West Conshohocken, USA, 2005. 4 f.

AVANCINI, T. G. et al. Magnetic properties of magnetite-based nano-glass-ceramics obtained from a Fe-rich scale and borosilicate glass wastes. **Ceramics International**, 2018.

AZEVEDO, Luciana Maria dos Santos. **Síntese do niobato de sódio a partir do óxido de nióbio e do nióbio metálico**. 2010. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) -Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, D. E., DE SOUZA, V. L. M., GONÇALVES, A. **Reciclagem & sustentabilidade na indústria automobilística**. Belo Horizonte: Bovolenta, 2012.

CHO, I. S.; KIM, D.W. Glass-frit size dependence of densification behavior and mechanical properties of zinc aluminum calcium borosilicate glass-ceramics. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 686, p. 95-100, 2016.

FAN, C.S.; LI, K.C. Production of insulating glass ceramics from thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) waste glass and calcium fluoride sludge. **Journal of cleaner production**, v. 57, p. 335-341, 2013.

FREDERICCI, C. et al. Effect of temperature and heating rate on the sintering of leucite-based dental porcelains. **Ceramics International**, v. 37, n. 3, p. 1073-1078, 2011.

GUALBERTO, Hiasmim Rohem. **Influência das variáveis de sinterização nas propriedades mecânicas e elétricas de vitrocerâmicas produzidas a partir de pó de vidro reciclado e adição de Nb_2O_5** , 2019. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) – Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2019.

L. E. I. Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato200, p. 7-2010>.

LU, X. et al. Effect of composition and sintering process on mechanical properties of glass ceramics from solid waste. **Advances in Applied Ceramics**, v. 115, n. 1, p. 13-20, 2016.

MI, H. et al. Preparation of ultra-light ceramic foams from waste glass and fly ash. **Advances in Applied Ceramics**, v. 116, n. 7, p. 400-408, 2017.

SPÍNOLA, Danielle CS et al. Preparation of glass-ceramic materials using kaolin and oil well drilling wastes. **Journal of Materials Research and Technology**, 2019.

VOLANTEC. **Quantos carros existem no mundo?** Disponível em <https://volantesic.pt/detalhes-noticia/quantos-carros-existem-mundo/ID=1399>. Acessado em: 28 de agosto de 2019.

WANG, X. et al. Preparation and characterization of SO₃-doped barium borosilicate glass-ceramics containing zirconolite and barite phases. **Ceramics International**, v. 43, n. 1, p. 534-539, 2017.

ZANOTTO, E. D. Bright future for glass-ceramics. **American Ceramics Society Bulletin**, v. 89, n. 8, p. 19-27, 2010.

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Bacharel em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase no desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção de íons As(V), Sb(III) e Se(IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutorado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e $\text{TiO}_2/\text{Solar}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$) para remoção de contaminantes de preocupação emergente (CPE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio de Pós-Doutorado (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de CPE em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente realiza estágio pós-doutoral em Química na UFU na mesma linha de pesquisa e vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV C}$, $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências da Natureza.

A

Alcalóides 3

Anti-inflamatórias 4

Antioxidantes 1, 2, 4

Armadilhas 114, 115, 116

Átomos excitados 120

AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) 38, 39, 40, 45, 46

B

Banda de condução 114

Banda de valência 113, 114

Bio-climatic zone 75

Biodiversity 75, 87

BlackBoard 44

Buraco 114

C

Cadastros urbanos 49, 50, 59

Código de Monte Carlo 119, 120

Colisões inelásticas 120

Compostos fenólicos 2, 3

Concreto armado 88, 89, 90, 103, 104

CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia) 50, 51, 52, 57, 60

D

Desalinhamento angular 108

Desalinhamento paralelo 108

Desbalanceamento 105, 106, 107, 110

Desvanecimento 115, 116

Diagnose 7, 8, 9

Difração de Raios X (DRX) 135, 136, 138, 139, 141

Discente 38

Dosimetria 112, 113, 115, 118, 119

E

Ecosystems 75, 85

Eficiência energética 62, 63, 64, 65, 66, 74

EGSnrc (*Electron Gamma Shower of National Research Council Canada*) 120, 121, 124, 125, 126, 127

Eixos de rotação 109

Elétrons 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126

Emissão de luz 113, 114, 116

F

Feedback 45

Ferramentas 5, 8, 16, 106, 129, 130, 132, 133, 134

Fitopatógenos 8, 9, 28

Fitoquímicos 3, 4

Flavonóides 1, 3, 4

Forças centrífugas 107

Fóton 120, 121, 123

Frenamento 120, 121, 123, 124, 125

Fungos 7, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 30, 31, 32

G

Georreferenciamento 49, 50, 56, 58, 59, 60

Google for Education 44

Guamá River 78

H

Hazard 76

I

Indústria 4.0 106

L

Lajes maciças 88, 89, 90, 93, 95, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104

Lajes nervuradas 88, 89, 96, 101, 103, 104

Lâmpada fluorescente 70

Logística reversa 136

M

Máquinas rotativas 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

MEC (Ministério da Educação) 36, 37, 48

Meio ambiente 29, 31, 107

Micrografias 142

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 135, 139

MOODLE 44

Multifinalitário 50, 51, 52, 57, 58, 60, 61

N

Nb₂O₅ (Pentóxido de nióbio) 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144

NEAD (Núcleo de Educação a Distância) 37, 42

O

Ontologia 129, 130, 131, 132, 133

Orchidaceae 7, 8, 10, 12, 14, 15, 17, 23, 25, 30, 32, 33, 34

Orquídeas 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 27, 28, 30, 31, 32, 33

Orquidicultura 11

OWL (*Ontology Web Language*) 129, 130, 132, 133

P

Pará River 78

Plano diretor 50

Plantas medicinais 1, 2, 3, 4

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 136, 144

R

Reciclagem 135, 136, 144

Resíduos 135, 136, 144, 146

Resource Description Framework (RDF) 130

Reutilização 135

Rotor 105, 106, 107, 110, 111

S

Sistemas energéticos 62, 63

Sustentabilidade 63, 144

T

Taninos 3

Termoluminescente 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118

TQS (*Software Definitivo para Engenharia de Estruturas*) 88, 89, 91, 92, 93, 94,

95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103

Tutor 35, 36, 38, 39, 40, 42, 45, 46, 47, 48

U

UAB (Universidade Aberta do Brasil) 36, 37, 38, 39, 42, 46, 48

UEM (Universidade Estadual de Maringá) 1, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 47, 105

V

Vibrações mecânicas 109

Vidro 135, 136, 137, 139, 140, 143, 144

Vitrocerâmicas 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144

W

Water 76, 77, 84, 85, 86

Web Semântica 129, 130, 131, 132, 133

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br