

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM ASSENTAMENTOS RURAIS DE RORAINÓPOLIS – RR ECONOMIC	
VALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS ON RURAL SETTLEMENTS OF RORAINÓPOLIS - RR – José Barbosa Filho; Diogo Del Fiori; Ana Maria Alves Pereira; Márcio Antônio Couto Ferreira	04
ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DO EXTRATO DE <i>Cymbopogon citratus</i> , (DC.) Stapf FRENTE A BACTÉRIA DE ORIGEM CLÍNICA <i>Staphylococcus aureus</i> .	
ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THE EXTRACT OF <i>Cymbopogon citratus</i> , (DC.) Stapf FRONT OF THE BACTERIA OF CLINICAL ORIGIN <i>Staphylococcus aureus</i> . – Gabriel Epitacio Rodrigues Oliveira; Maykon Jhuly Martins De Paiva; Nayara Sousa Tavares; Ricardo Consiglierio Guerra	12
ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DO EXTRATO DE <i>Azadirachta indica</i> , FRENTE A <i>Candida albicans</i> DE ORIGEM CLÍNICA E <i>Candida lusitanae</i> ATCC 66035	
ANTIFUNGAL ACTIVITY OF THE EXTRACT OF <i>Azadirachta indica</i> , FRONT OF <i>Candida albicans</i> OF CLINICAL ORIGIN AND <i>Candida lusitanae</i> ATCC 66035 – Gabriel Epitacio Rodrigues Oliveira; langla Araújo De Melo Damasceno; Kellen Patricia Xavier; Maykon Jhuly Martins De Paiva; Nayara Sousa Tavares; Ricardo Consiglierio Guerra	16
ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM BRASÍLIA-DF: UMA APLICAÇÃO DE CADEIAS DE ORDEM VARIÁVEL	
ANALYSIS OF RELATIVE AIR HUMIDITY IN BRASÍLIA-DF: AN APPLICATION OF VARIABLE ORDER CHAINS – Lucas Moreira; Rafael Ribeiro Borges	21
SUORTE À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO ASSISTIDO DE IMPLANTES DENTÁRIOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA E ANÁLISE DE CONTEÚDO	
SUPPORT THE DECISION-MAKING IN THE PROCESS OF DENTAL IMPLANT: A REVIEW AND CONTENT ANALYSIS – Sabrina Tinfer; Osiris Canciglieri Junior; Anderson Luiz Szejka; Marcelo Rudek	27
ANÁLISE DE MODO DE FALHA E SEU USO NO PROJETO DE EQUIPAMENTOS PARA UMA EMPRESA	
FAILURE MODE ANALYSIS AND ITS USE IN EQUIPMENT DESIGN OF A COMPANY – Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Antonio Henriques De Araujo Junior; Raphael Antonio Dos Santos Pires	37

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-3	<p>VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM ASSENTAMENTOS RURAIS DE RORAINÓPOLIS – RR</p> <p>ECONOMIC VALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS ON RURAL SETTLEMENTS OF RORAINÓPOLIS - RR</p> <p>José Barbosa Filho; Diogo Del Fiori; Ana Maria Alves Pereira; Márcio Antônio Couto Ferreira</p>
-----	---

VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM ASSENTAMENTOS RURAIS DE RORAINÓPOLIS – RR

ECONOMIC VALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS ON RURAL SETTLEMENTS OF RORAINÓPOLIS - RR

JOSÉ BARBOSA FILHO¹; DIOGO DEL FIORI²; ANA MARIA ALVES PEREIRA³;
MÁRCIO ANTÔNIO COUTO FERREIRA⁴

1; 2; 4 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS; 3 – INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS
jbarbosa@ufam.edu.br; diogo_fiori123@yahoo.com.br; anaalves@gmail.com; macouto@ufam.edu.br

Resumo - A pesquisa se propôs a valorar economicamente os impactos ambientais decorrentes das atividades produtivas em dois assentamentos rurais localizados nas proximidades do km 460 da rodovia BR-174, no município de Rorainópolis (RR), propositalmente escolhidos por terem características distintas de floresta tropical, situadas próximas ao núcleo urbano e terem o mesmo tempo de existência. Na pesquisa utilizou-se o Método de Valoração Contingente que se baseia na disposição a pagar (DAP) e a receber (DAR) dos indivíduos no que diz respeito a valorar os ativos e passivos ambientais gerados nos empreendimentos. A pesquisa constituiu-se da aplicação de 55 questionários nas unidades familiares para valorar a DAP decorrente dos impactos ambientais relacionados às atividades da agricultura familiar de subsistência praticada na região, como por exemplo, cultivo de milho, arroz e mandioc, aplicado na Área 1, com a sede do município de Rorainópolis – RR e Área 2, localizado próximo ao perímetro urbano. De acordo com os dados obtidos, a Área 1 contou com 25 entrevistados e apresentou uma DAP de 79,08/família/ ano e total de R\$ 1.977,00/ano; a Área 2 contou com 30 entrevistados e apresentou uma DAP R\$ 87,84/família/ano e total de R\$ 2.635,20/ano. Esses resultados refletem o baixo nível de renda observado na região, em média de um salário mínimo associado a um baixo nível de informação atualizada sobre a população local, a respeito da rentabilidade obtida com alternativas de exploração sustentável da floresta ainda intacta.

Palavras-chave: Impacto Ambiental. Valoração Ambiental e Assentamentos Rurais.

Abstract - The research proposed to economically value the environmental impacts resulting from productive activities in two rural settlements located near km 460 of highway BR-174, in the municipality of Rorainópolis (RR), purposely chosen because they have distinct characteristics of tropical forest, located near to the urban core and have the same time of existence. The research used the Contingent Valuation Method which is based on willingness to pay (DAP) and receivable (DAR) of individuals with regard to valuing the environmental assets and liabilities generated in the projects. The research consisted of the application of 55 questionnaires in family units to value the PAD due to environmental impacts related to subsistence family farming activities practiced in the region, such as corn, rice and mandioc cultivation, applied in Area 1, with the headquarters of the municipality of Rorainópolis - RR and Area 2, located near the urban perimeter. According to the data obtained, area 1 had 25 respondents and presented a DBH of 79.08 / family / year and a total of R \$ 1,977.00 / year; Area 2 had 30 respondents and presented a DBH R \$ 87.84 / family / year and a total of R \$

2,635.20 / year. These results reflect the low level of income observed in the region, averaging one minimum wage associated with a low level of up-to-date information on the local population, regarding the profitability obtained with sustainable exploration alternatives to the still intact forest.

Keywords: Environmental Impact. Environmental Valuation and RuralSettl.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de controle ambiental em vigor, em pleno limiar do século XXI, continuam a fazer uso de mecanismos de regulação pouco eficientes se utilizando do excesso de políticas setoriais de curto prazo, bem como, a aplicação de instrumentos desconectados dos pressupostos da sustentabilidade.

Um grande número de pesquisas sobre assentamentos rurais no Brasil têm se voltado para a análise de suas condições internas, políticas a eles direcionadas e trajetórias dos assentados e seus impactos.

Contudo, a contradição encontra-se na vinculação da questão urbana às práticas sociais, políticas e econômicas que se deu, conforme Marcondes (1999, p.30) “[...] num período marcado pelo intenso processo de expansão do capital, do ritmo de crescimento urbano e de investimentos no setor imobiliário, intermediado pelo Estado e pelos grandes interesses financeiros”.

Tais acontecimentos remetem a uma necessidade imprescindível em que a união de atores (comunidade, empresários e as instituições – municipal, estadual e federal) deve assumir a responsabilidade do indivíduo e da instituição na preservação da natureza e entender que o desenvolvimento sustentável vai além da preservação de ecossistemas, espécies e processos ecológicos, mas também a sustentabilidade social e cultural da coletividade específica.

Discutir os impactos dos assentamentos significa atentar para uma multiplicidade de relações nas quais trajetórias diferenciadas implicam resultados diversos. Mais do que uma identificação de impactos, trata-se de analisar os efeitos econômicos, políticos e sociais dos processos de transformação desencadeados a partir da criação de assentamentos. Tais processos têm ritmos e intensidades variáveis e incidem tanto sobre as famílias dos assentados, como a situação no entorno dos projetos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Santos e Leite (2018), atualmente, é reconhecida a importância da sustentabilidade ambiental para o bem-estar humano e para a economia dos países. No entanto, ao analisar as ações do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) apresenta na execução do programa da Reforma Agrária do Governo Federal, no mínimo a falha no que diz respeito ao monitoramento e à avaliação dos impactos ambientais gerados por atividades produtivas adotadas nas áreas dos assentamentos. Essa observação se torna mais agravante quando os assentamentos são realizados em áreas de floresta tropical. Isso pode ser constatado por meio do Relatório de Desmatamento da Floresta Amazônica do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (INPE, 2015), que indica as áreas de assentamento do INCRA como os principais responsáveis no aumento do desmatamento na região.

Se a preocupação com a agricultura familiar envolver não só o aspecto produtivo, mas também uma estratégia de desenvolvimento descentralizado e voltado à ocupação igualitária da área, as unidades familiares apresentarão um trunfo decisivo, bem como a base na formação de uma sociedade civil com direitos e deveres, daquilo que aparece frequentemente como um termo antagônico: a cidadania no campo.

Nesse sentido, é imprescindível intensificar essa prática, diante do atual contexto em que a natureza dá sinais de exaustão como os titulados problemas globais, como vale nomear alguns: Influência negativa no clima, escassez de água, extinção de espécies ou surgimento de animais em grande escala causando desequilíbrio, escassez de alimentos, dentre outros.

Entretanto, apresentam-se duas principais dificuldades envolvidas na avaliação de valores ambientais. A primeira é intrínseca à própria tentativa de quantificação desses valores, uma vez que envolve o bem-estar das pessoas, sendo, portanto, subjetiva; e, a segunda, para a qual convergem menos as atenções, relaciona-se não às limitações dos métodos econômicos, somados à falta de conhecimento técnico dos efeitos ambientais em questão.

Faz-se, portanto, uma análise das causas situacionais buscando o avanço do trato ambiental adequadamente. Frente, ainda, às evidências empíricas e às pesquisas realizadas acerca dos impactos ecológicos das ações humanas, é pertinente refletir que a falta de planejamento realista coloca em perigo as formas usuais de gestão das relações sociedade-natureza (DIAS *et al.*, 2016).

O estudo constata que, apesar de uma população de migrantes experientes em agricultura, deve ser realizado um trabalho intenso de capacitação para a prática agrícola em florestas tropicais. Comprova-se, portanto, que a falta de teoria aplicada a esse ambiente demonstra que o grupo citado não observa a possibilidade de exploração do potencial não-madeireiro da floresta. A superação dos problemas de organização, gestão e capacidade técnica dos processos produtivos da área, devem constituir como principais diretrizes no planejamento nas incertezas associadas à gestão ambiental. Constatou-se também, que do universo da agricultura familiar existem grupos em distintos graus de desenvolvimento socioeconômico e, portanto, com diferentes estratégias de produção e sobrevivência. Segundo Castro (2015), no que tange a grande parte dos alimentos demandados no Brasil, os

agricultores familiares tem se constituído como os principais *players* sociais produtores de grande parte. Embora não seja possível dizer a respeito de um exclusivo desenvolvimento da agricultura familiar, é possível encontrar nas características culturais do agricultor familiar variáveis intrínsecas à sua maneira de viver e agir, que mostram maneiras sustentáveis de desenvolvimento econômico e social. Dessa forma, trata-se de um processo histórico reflexivo, pois, a agricultura familiar que se desenvolve nas sociedades modernas deve estar adaptada a um próprio contexto inerente a este tipo de sociedade, obrigando-os a realizar imprescindíveis mudanças em suas tradicionais vidas e na maneira de produzir.

Para Fernandes (2017), o processo de modernização agrícola pode ser caracterizada por não ter alcançado os pobres do campo. Dessa forma, as mudanças tecnológicas não favoreceu em nada a população mais com nível de vulnerabilidade. Outro período de análise seria aquele compreendido entre os anos de 1930 até 1964, cuja característica foi o início de uma migração interna ascendente e uma queda da imigração estrangeira. Consta-se que embora o governo Vargas tenha logrado êxito no que tange à modernização, não conseguiu eliminar no campo a estrutura de poder. Na visão de Vargas, a meta do campo era ser o de ofertante de matéria-prima para o pólo industrial ascendente da economia.

De acordo com Araújo *et al* (2016), na região norte a União detém a propriedade da maioria das terras. Também, existem problemas no que se refere à regularização que abarca a utilização dos recursos destinados a produção e a propriedade do solo. Há grande concentração de terras indígenas (46,2%), presença de áreas militares (1,23%) e conservação da natureza (21,03%). Focando a questão do meio ambiente, Roraima possui restrições oriundas da legislação inserida à região amazônica, que acarreta prioridade à conservação do meio ambiente em detrimento da diminuição da capacidade de produção. Quando se estuda a existência de terras a serem destinadas para a agricultura, sem contabilizar as áreas de utilização institucional, os territórios indígenas e as reservas naturais, sendo que a área destina a produção da agricultura correspondende a 7,44% da totalidade da área da região. Assim, de acordo com os autores, as restrições de cunho ambiental faz com que haja restrição na utilização no solo destinado à agricultura para produzir matérias primas e alimentos.

As áreas legalmente protegidas, Unidades de Conservação e Terras indígenas, cumprem um papel fundamental na proteção e uso sustentável das florestas nativas, funcionando como uma fronteira de proteção contra o desmatamento. É importante frisar, no entanto, que a situação atual destas áreas também é preocupante. Parte delas encontra-se ameaçada por processos gradativos de invasão, com ocupações e exploração ilegal de seus recursos, sobretudo quando localizadas em áreas de avanço da fronteira agropecuária e onde estão previstas, ou em construção, grandes obras de infra-estrutura. No entanto, a situação atual quanto ao nível de conservação dos recursos naturais e diante das catástrofes ocorridas, denotam previsões negativas para o futuro próximo. No “Grande Incêndio de Roraima” durante o evento El Niño de 1997-1998, queimaram entre 11.394 a 13.928 km² de florestas primárias intactas (BARBOSA & FEARNside, 1999) e mostrou a fragilidade que se encontram essas áreas.

A maioria da floresta fora incendiada em Roraima estava em áreas que não havia exploração significativa de atividade madeireira (BARBOSA & FEARNESIDE, 1999). As duas áreas de estudo, encontram-se situadas no município de Rorainópolis (RR), denominadas Vicinais pertencentes ao PAD/ANAÚA, instaladas na Gleba Pedro Crementino, com o registro no INCRA de 15.10.1980. São considerados assentamentos pioneiros da região. Ao observar e analisar a Figura 1, verifica-se o avanço do desmatamento em grande extensão nas proximidades da sede do município de Rorainópolis (RR).

A área 1 apresentada por meio da Figura 1 se encontra em uma localidade estratégica, no entanto não apresenta desenvolvimento econômico e estrutural favorável à vida dos moradores que ainda permanecem na localidade. Ademais, verifica-se com maior clareza extensão das áreas desmatadas no entorno da sede do município. O problema de desmatamento excessivo na região é latente, como se verifica na imagem do Google (2008). Isto em decorrência ao frágil contexto institucional prevalente, que parte de alguns problemas quanto a indefinição de direitos de propriedade, falta de crédito, concentração da terra, falta ou insuficiente sistema de monitoramento, formas de fiscalização e coação, para ação de interesses.

Figura 1 - Localização da Área 1 com a sede do município de Rorainópolis - RR



Fonte: Google

Ao percorrer a Área 1 agora apresentada por meio da Figura 2, nota-se o extenso desmatamento e cobertura de terras com o capim que outrora fora ocupada por criadores de gado. O estado de abandono de algumas terras conduz ao questionamento sobre o nível da necessidade entre o campo e a cidade, ou seja, as relações de articulação e de dependência, que fazem as famílias desistirem de seus lotes.

Verificou-se também, que estava em fase de construção da canalização para captação da água do rio Anauá para o centro do Município, obra da prefeitura. Decidiu-se que o início da pesquisa dar-se-ia a partir do final da Vicinal, onde se encontrou com a extração de areia e seixo para fins comerciais.

Entretanto, as atividades desenvolvidas pelas famílias, tal como as práticas agrícolas tradicionais apontadas na Figura 2 e exploração madeireira, têm grande potencial para gerar desmatamento e degradação florestal na região.

Figura 2 – Área 2, Corte, Queima, Plantio e abandono



Fonte: Resultado de Pesquisa (ano)

Ao adentrar na Área 2, logo de imediato, verifica-se a retirada da vegetação natural, que está revestida de campos para criação do gado.

III. MÉTODOS E DADOS

O modelo logit é considerado de simples aplicação, portanto ao aplicar o logaritmo da razão de probabilidades, o que parece ser um modelo altamente não-linear se torna um modelo linear e que pode ser estimado dentro da estrutura dos mínimos quadrados ordinários (MQO). No método de valoração ambiental (MVA) é utilizado o modelo logit que estima a disposição a pagar (DAP) ou benefício ambiental e disposição a receber (DAR) ou custo ambiental, para a demonstração do modelo, a DAP é utilizada como símbolo, mas ressalta-se que a demonstração é análoga para a DAR.

O modelo logit é baseado na função de probabilidade logística acumulada e é especificado como a seguir:

$$P_i = F(Z_i) = F(\alpha + \beta X_i) = 1 / (1 + e^{-Z_i}) = 1 / (1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)})$$

Que:

P_i - variável dependente qualitativa (probabilidade) $F(Z)$ -

função de probabilidade acumulada

X_i - vetor de variáveis independentes

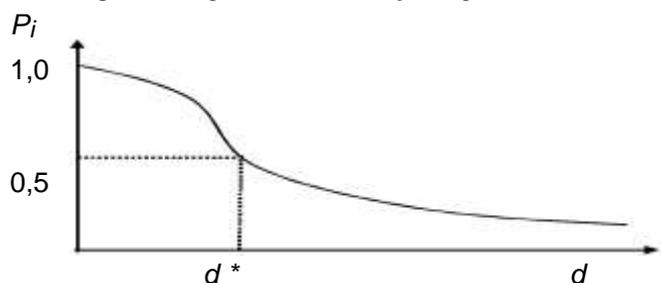
β - coeficientes das variáveis independentes α - constante de regressão

E : é a base do logaritmo natural

O Vetor de variáveis X_i da equação está composto – valor a ser pago, sexo (1=homem e 0=mulher), idade, nível de escolaridade, número de pessoas que moram na casa e renda. Apresenta-se o comportamento da função logit, conforme a seguir:

A decisão em utilizar o modelo logit baseia-se na representação da mediana que é menos afetada do que o tamanho da cauda da função estimada., conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Representativo da função de probabilidade



Fonte: Barbosa Filho, 2015.

O valor monetário da disposição a pagar (DAP) individual frente ao uso dos recursos naturais é estimado através do modelo logístico de um processo de escolha de maximização de utilidade, empregando respostas discretas. Os dados foram categorizados e identificados os conceitos que permitiriam estabelecer uma síntese do posicionamento dos investigados a respeito das questões abertas apresentadas nos instrumentos de pesquisa.

As variáveis comuns captam os comportamentos esperados (CARSON *et al*, 1996), ou seja, a renda familiar indica que quanto maior o seu nível, maior a disposição a pagar por incrementos de bem-estar. Para a estimação da equação de regressão utilizou-se o pacote estatístico Statistic 6.0 (StatSoft, 2000) que contém estimações não-lineares, dentre as quais a regressão logística (LOGIT), proposta no modelo Método de Valoração Contingente - MVC ambiental e o uso das variáveis (sexo, idade, instrução e renda) gerando um banco de dados. Nesta etapa, efetua-se a identificação das decisões dos moradores das Viciniais em estudo.

O programa permitiu a geração de gráficos para a análise do comportamento das variáveis em cada uma das dimensões sob análise. O passo final foi à obtenção do índice que estimou a Declaração de Aptidão ao Pronaf – DAP mensal e anual por família que possibilita por meio de cálculo simples ser encontrado a DAP total. O processo de seleção da área para o estudo deu-se em decorrência da análise detalhada e criteriosa dos elementos verificados em reunião com o atual Chefe da Unidade Avançada Projeto de Assentamento Dirigido - PAD/ANAUÁ/INCRA, que se colocou a disposição para prestar todas as informações que fossem necessárias.

Outro fator determinante para a escolha das duas Viciniais deu-se por possuir um cenário agrícola que indica a possibilidade de aptidão ao desenvolvimento da agricultura familiar, que se destaca em decorrência às várias características compatíveis com as diretrizes sustentáveis em área rurais como um espaço aberto, ambiente natural (matas nativas), clima agradável regional, costumes próprios do local, infraestrutura rústica, administração familiar e a possibilidade de novas alternativas de lazer.

Quanto à busca de informações institucional a disposição inicial alterou-se, quando foram solicitados os dados das condições reais dos moradores, em pesquisas atualizadas. Diante dos problemas e dificuldades em dispor da documentação em alguns órgãos, ficando clara a cultura fechada e de desconfiança, verificou-se a necessidade de se adotar uma nova estratégia de aproximação e coleta de informações.

Iniciou-se um longo processo de exposição de motivos utilizando várias formas de comunicação como o telefone, documentos explicativos e a maior parte das vezes pessoalmente para apresentar a importância e a necessidade do levantamento de dados para a realização do trabalho. As respostas às vezes traduziam-se em eficiência gerencial e o preenchimento imediato dos questionários. No entanto, alguns órgãos setoriais simplesmente não deram a devida atenção, dificultando o retorno das informações, infelizmente não se obteve os motivos.

Ao conhecer o quantitativo das famílias que seriam envolvidas no estudo decidiu-se em realizar a investigação com todos os residentes que insistem em permanecer nos lotes e trabalham na área diretamente, apesar de todas as dificuldades enfrentadas.

Para isso, foi solicitado que cada família designasse um representante que assegurou a participação e o conhecimento dos principais elementos da amostra e a análise qualitativa refinada dos dados obtidos. Contou-se com a participação na Vicinal 2, denominada Área 1, com 25 representantes e Vicinal 4, denominada Área 2, com 30 respondentes.

Para realizar o primeiro contato junto às famílias em suas moradias, utilizou-se do transporte de uma moto por ser um meio acessível às condições caóticas das estradas que se encontram em processo de degradação.

Foi imprescindível explicar a importância do trabalho e a necessidade do preenchimento do questionário, seguida por muitas outras visitas. Verificou-se o interesse e a disponibilidade dos moradores em participar na coleta de dados.

Acreditava-se que com esse procedimento seria uma garantia da participação dos representantes de cada família e o rápido preenchimento dos questionários. No entanto, verificou-se logo no primeiro dia o baixo nível de escolaridade dos respondentes que solicitavam ajuda de um ente familiar que freqüentava a escola para responder e com isso começou um vagaroso preenchimento dos questionários.

Notadamente, ocorreu um momento singular que pouco se verifica atualmente, principalmente nos grandes centros, que foi a participação nas

discussões todos da família, dos mais velhos aos jovens que emitiam suas opiniões sobre cada questão do questionário.

Todos aproveitaram o momento para expressar suas percepções e agravos às políticas públicas e a falta de apoio para a permanência nos lotes, dentre outros problemas. Vale manifestar que foi uma experiência extraordinária e um período de reflexão e aprendizagem mútua.

A pesquisa tem como principal ferramenta de análise, o Método de Avaliação Contingente - MAC, que se baseia na disposição a pagar (DAP) das pessoas para não lidar com determinada externalidade negativa e na disposição a receber o Documento de Arrecadação – DAR como compensação por suportar determinada degradação ambiental.

Convém referir que todas as observações, comentários, bem como as derivações matemáticas apresentadas neste trabalho estão baseadas nos trabalhos publicados por Barbosa Filho (2015).

De acordo com os dados coletados por meio da rotina de aplicação, sugerida no MAC, pode-se constatar que a agricultura familiar de subsistência, com ênfase nas culturas de milho, arroz e mandioca, é a principal atividade produtiva praticada em ambos os assentamentos rurais analisados.

Destaca-se que em aproximadamente 80% das famílias, a decisão de optar por essa atividade decorre da sugestão técnica do próprio INCRA, que por sua vez, é baseado num procedimento padrão adotado ao longo dos anos no processo de Reforma Agrária no Brasil. Após o mapeamento dos processos produtivos adotados, destacam-se cinco macro-processos específicos executados similarmente em todos os cultivos, a saber: a) Inicialmente, é realizada a derrubada de toda a cobertura vegetal da área com aproveitamento das espécies comerciais; b) Em seguida, é feito a queima de toda a matéria orgânica da superfície do solo; c) Depois se realiza o uso da terra, propriamente dito; d) Após o segundo ano de cultivo, é

observado uma considerável redução na produtividade do solo decorrente da escassez de nutrientes e como não existe mais possibilidade de produção, as áreas são posteriormente abandonadas e; e) Os cultivos migram para novas áreas, dando início a um processo de desmatamento contínuo nas áreas de floresta nativa próximas aos assentamentos.

Por conseguinte, identifica-se a redução contínua das áreas de floresta nativa como o principal impacto ambiental nos dois assentamentos sob a gestão do INCRA; o qual foi submetido, posteriormente, à avaliação dos entrevistados. Adota-se na pesquisa o método de licitação “aceite ou não aceite” (*take it or leave it*), cuja aplicação é descrita a seguir. Por meio de uma planilha Excel e conforme o número total de famílias nos dois assentamentos gerou-se 55 valores aleatórios contidos no intervalo de R\$ 1,00 a R\$ 100,00 para a DAP; de acordo com estudos de Barbosa Filho (2015).

Não se pode afirmar que apenas o valor da DAP explica a probabilidade de o indivíduo aceitar ou não a pagar para manter o serviço. Sendo assim, foi estimado um modelo com mais variáveis que tenha a capacidade e explicar essa probabilidade e realizar o processo de avaliação cruzada aplicando-se as variáveis (sexo, idade, grau de escolaridade e renda familiar).

O programa permitiu a geração de gráficos para a análise do comportamento de cada variável em cada uma das dimensões sob análise, conforme apresentada a seguir. Os questionários foram elaborados de forma a identificar inicialmente as características socioeconômicas do entrevistado, e em seguida, é perguntado por meio de uma questão fechada, se ele aceita pagar um determinado valor mensal por serviços de melhoria ambiental. Com os dados correspondentes a 55 valores aleatórios de DAP sugeridos, como variável independente, e 55 respostas do tipo: aceite (1) e não aceite (0), como variável dependente, estimou-se a função de probabilidade acumulada LOGIT, para os dois assentamentos rurais, localizados nas Áreas 1 e 2.

Quanto aos aspectos éticos, o trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas.

IV. RESULTADOS

Adota-se na pesquisa o método de licitação “aceite ou não aceite” (*take it or leave it*), cuja aplicação é descrita a seguir. Por meio de uma planilha Excel e conforme o número total de famílias nos dois assentamentos gerou-se 55 valores aleatórios contidos no intervalo de R\$ 1,00 a R\$ 100,00 para a DAP; de acordo com estudos de Barbosa Filho (2015).

Não se pode afirmar que apenas o valor da DAP explica a probabilidade de o indivíduo aceitar ou não a pagar para manter o serviço. Sendo assim, foi estimado um modelo com mais variáveis que tenha a capacidade de explicar essa probabilidade e realizar o processo de avaliação cruzada aplicando-se as variáveis (sexo, idade, grau de escolaridade e renda familiar).

O programa permitiu a geração de gráficos para a análise do comportamento de cada variável em cada uma das dimensões sob análise, conforme apresentada a seguir.

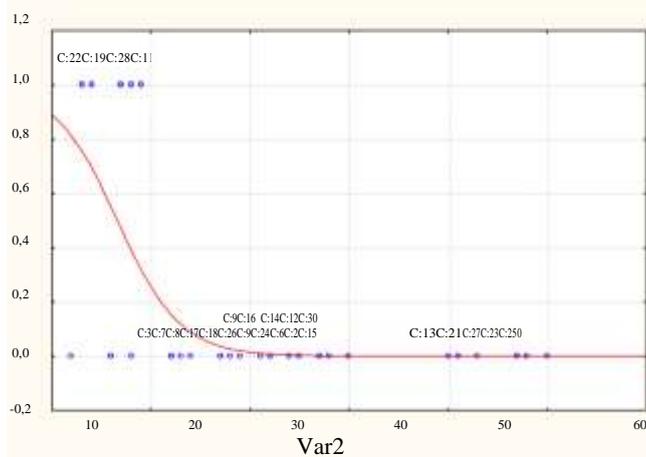
Os questionários foram elaborados de forma a identificar inicialmente as características socioeconômicas do entrevistado, e em seguida, é perguntado por meio de uma questão fechada, se ele aceita pagar um determinado valor mensal por serviços de melhoria ambiental.

Com os dados correspondentes a 55 valores aleatórios de DAP sugeridos, como variável independente, e 55

respostas do tipo: aceite (1) e não aceite (0), como variável dependente, estimou-se a função de probabilidade acumulada LOGIT, para os dois assentamentos rurais.

Como se observa, o modelo apresenta um nível de significância estatística alto, ou seja, a probabilidade de que haja correlação entre as variáveis analisadas é de 0,99999; o que vem a corroborar a aplicabilidade do modelo. Além do que, o sinal negativo do coeficiente angular da equação (β) está em concordância com a revisão bibliográfica, ou seja, quanto maior for o montante estipulado ao respondente, menor a probabilidade que ele aceite esse valor. A Figura 4 mostra a função de probabilidade acumulada estimada dos dados da Área 1, por meio do modelo.

Figura 4 – Curva de Probabilidade acumulada resultante do modelo LOGIT (Área 1)



Fonte: Dados de 2017.

Graficamente, pode-se observar a inclinação negativa da curva, correspondente ao sinal negativo do coeficiente angular da equação ($\beta = -0,31515$). Pode-se observar ainda que, o valor modular estimado de “ β ”, responsável pela declividade da curva, é considerado bastante significativo, no caso de regressões logísticas, ou seja, existe baixa elasticidade na relação entre as variáveis analisadas, que significa na prática, a convergência de opinião na população analisada quanto ao baixo valor de DAP estimado. No caso da Área 1, o modelo de regressão logístico para a estimação da DAP ou benefício ambiental é o seguinte:

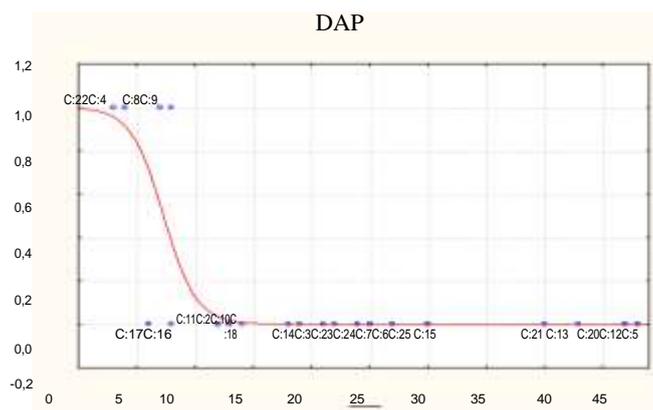
$$P_i = 1 / [1 + e^{- (2,07608 - 0,31515 \text{ DAP}) }] \quad (p=0,000001)$$

$$\text{DAP mensal} = - (2,07608 / - 0,31515) = \text{R\$ } 6,59 / \text{ família / mês}$$

$$\text{DAP anual} = 6,59 * 12 = \text{R\$ } 79,08 / \text{ família / ano}$$

$$\text{DAP total} = 79,08 * 25 = \text{R\$ } 1.977,00 / \text{ ano}$$

Figura 5 - Curva de probabilidade acumulada resultante do modelo LOGIT (Área 2)



Fonte: Dados da 2017.

Neste caso, pode-se observar que o modelo apresenta um nível de significância um pouco menor que o apresentado na Área 2, mas que de forma alguma inviabiliza o modelo, ou seja, a probabilidade de que haja correlação entre as variáveis analisadas é de 0,9989; o que corrobora a aplicabilidade do modelo.

Da mesma forma que no caso da Área 2, o sinal negativo associado ao coeficiente angular da equação (β) está em concordância com a revisão bibliográfica, ou seja, quanto maior for o montante estipulado ao respondente, menor a probabilidade que ele aceite esse valor. Figura 5 mostra a função de probabilidade acumulada estimada através do modelo.

Na Figura 5, pode-se observar a inclinação negativa da curva, correspondente ao sinal negativo de " β ". E pode-se observar ainda que, o valor modular estimado do coeficiente angular da equação, $\beta = -0,71083$, responsável pela declividade da curva, é maior que no caso anterior, $\beta = -0,31515$; ou seja, a relação entre as variáveis analisadas é mais inelástica.

Essa constatação se traduz na prática em um indicativo de que a população do assentamento localizado na Área 1 ($DAP_{\text{mensal}} = R\$ 6,59$ e $\beta = -0,31515$) apresenta homogeneidade de opinião, mesmo que ainda o resultado tenha apresentado um valor menor que a população do assentamento localizado na Vicinal 4 ($DAP_{\text{mensal}} = R\$ 7,32$ e $\beta = -0,71083$).

No caso da Área 2, o modelo de regressão logístico para a estimação da DAP ou benefício ambiental é o seguinte:

$$P_i = 1 / [1 + e^{- (5,19995 - 0,71083 \text{ DAP}) }] \quad (p=0,0011)$$

$$DAP_{\text{mensal}} = - (5,19995 / - 0,71083) = R\$ 7,32 / \text{ família / mês}$$

$$DAP_{\text{anual}} = 7,32 * 12 = R\$ 87,84 / \text{ família / ano}$$

$$DAP_{\text{total}} = 87,84 * 30 = R\$ 2.635,20 / \text{ ano}$$

Baseando-se na bibliografia consultada (CARVALHO *et al*, 2016, BRAZ *et al*, 2019), pode-se deduzir que os resultados obtidos são reflexos das características socioeconômicas observadas na população analisada, tais como: baixo nível de renda, em média de R\$ 380,00, baixo nível de escolaridade, Ensino Fundamental, e ser composta em sua maioria por homens.

Outro aspecto importante a ressaltar é a caracterização da situação "projeto". Tendo em vista que a aplicação do MVA deu-se em constatações *in loco* da efetivação dos projetos com mais de vinte anos de exploração, a

caracterização da situação "com projeto" tornou-se impossível de ser realizada, uma vez que as peculiaridades das atividades de exploração econômica que existiam inicialmente não puderam ser informadas nos órgãos competentes.

V. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos por meio do Método de Avaliação Contingente (MAC) evidenciados na investigação de campo pode-se concluir que a agricultura familiar de subsistência, com ênfase nas culturas de milho, arroz e mandioca, é a principal atividade produtiva praticada nos assentamentos rurais implantados e gerenciados por meio do INCRA, no município de Rorainópolis – RR. Isso indica que o INCRA adotou nesses assentamentos o mesmo procedimento praticado em outros assentamentos do país, caracterizado por incentivo a agricultura familiar de subsistência. De acordo com a percepção dos entrevistados, pode-se deduzir outra conclusão importante relacionada ao processo de tomada de decisão nesse caso, que se constitui: quanto à decisão das famílias de optarem por essa alternativa específica é baseada em grande parte na possibilidade de receber algum apoio financeiro futuro do órgão federal. Com isso, conclui-se que o INCRA tem exercido influência direta e decisiva no processo de tomada de decisão das famílias em optar por atividades produtivas adotadas.

Pode-se concluir que os agricultores executam similarmente cinco macro- processos específicos em todos os cultivos, a saber: a derrubada de toda a cobertura vegetal, a queima de toda a matéria orgânica, o uso do solo no cultivo propriamente dito, o abandono das áreas cultivadas devido à perda de fertilidade do solo e, por fim, a migração dos cultivos para novas áreas. Como consequência direta desses procedimentos, constata-se um processo de desmatamento contínuo nas áreas de floresta nativa que estão próximas aos assentamentos campestres.

Por conseguinte, tendo como referência as conclusões citadas, pode-se afirmar que a agricultura familiar de subsistência sem planejamento e controle é a principal causa da redução contínua das áreas de floresta nativa, localizadas no entorno dos dois assentamentos rurais sob a gestão do INCRA, no município de Rorainópolis – RR.

VI. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. P., *et al*, Evaluation of socioeconomic impacts of low cost technologies in a family productive unit in the rural community of São Bento, in the territory of lake de Sobradinho-Ba. **Revista Sodebras [on line]**. v.12, n. 143, Nov/2017.
- BARBOSA, R. I. & FEARNSTIDE P. M., Incêndios na Amazônia brasileira: Estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "El Niño" (1997/98). **Acta Amazônica** 29(4): 513-534, 1999.
- BRAZ, L.B.S., *et al*, **Sistemas Locais de Produção Agroindustrial: um modelo para a competitividade**. 2004. (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- CARVALHO P. S. A.; FONSECA, M.B.; PAIXÃO, A. N., **Pagamento por serviços ambientais: um exercício de valoração do Parque Cabo Branco**. In: SEMINÁRIOS EM

ADMINISTRAÇÃO, XIX, 2016. Anais... Seminários em Administração, São Paulo, 2016

CASTRO, L.F.P., Agricultura Familiar, *Habitus* e Acesso à Terra. Revista Brasileira de Sociologia do Direito, Porto Alegre, **ABraSD**, v. 2, n. 2, p. 91-105, jul./dez., 2015.

DIAS, N. M., *et al*, The program municipalities greens in Pará state: a tool for the reduction and prevention of deforestation in the amazon. **Revista Sodebras [on line]**. v. 11, n. 132, Dez./ 2016.

FERNANDES, V., **A Questão da Reforma Agrária no Brasil em Tempos de Agronegócio**. 2016. 12f. TCC (Graduação) – Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Humanas, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

Imagem Área 1 <<https://www.google.com/search?assentamentos+pioneiros+em+rorain>>; Acesso em Março de 2019.

INPE, 2008. **Monitorando a floresta amazônica brasileira por satélite (2006-2007)**. MCT/INPE, São José dos Campos. (sem paginação).

MARCONDES, M. J. A., **Cidade e meio ambiente**: revendo conceitos. In: Cidade e natureza. Proteção dos mananciais e exclusão social. São Paulo: EDUSP, 1999.

SANTOS, J. D. L.; LEITE, J. C., Environment in the perspective of the current mode of production and its relationship with the companies of the sub-sector of paper and cardboard. **Revista Sodebras [on line]**. v.13, n. 151, jul./2018.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 03/03/2020

Aprovado em: 25/03/2020

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

4-4	<p>ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DO EXTRATO DE <i>Cymbopogon citratus</i>, (DC.) Stapf FRENTE A BACTÉRIA DE ORIGEM CLÍNICA <i>Staphylococcus aureus</i>.</p> <p>ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THE EXTRACT OF <i>Cymbopogon citratus</i>, (DC.) Stapf FRONT OF THE BACTERIA OF CLINICAL ORIGIN <i>Staphylococcus aureus</i>.</p> <p>Gabriel Epitacio Rodrigues Oliveira; Maykon Jhuly Martins De Paiva; Nayara Sousa Tavares; Ricardo Consiglierio Guerra</p>
4-4	<p>ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DO EXTRATO DE <i>Azadirachta indica</i>, FRENTE A <i>Candida albicans</i> DE ORIGEM CLÍNICA E <i>Candida lusitanae</i> ATCC 66035</p> <p>ANTIFUNGAL ACTIVITY OF THE EXTRACT OF <i>Azadirachta indica</i>, FRONT OF <i>Candida albicans</i> OF CLINICAL ORIGIN AND <i>Candida lusitanae</i> ATCC 66035</p> <p>Gabriel Epitacio Rodrigues Oliveira; Iangla Araújo De Melo Damasceno; Kellen Patricia Xavier; Maykon Jhuly Martins De Paiva; Nayara Sousa Tavares; Ricardo Consiglierio Guerra</p>

ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DO EXTRATO DE *Cymbopogon citratus*, (DC.) Stapf FRENTE A BACTÉRIA DE ORIGEM CLÍNICA *Staphylococcus aureus*.

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THE EXTRACT OF *Cymbopogon citratus*, (DC.) Stapf FRONT OF THE BACTERIA OF CLINICAL ORIGIN *Staphylococcus aureus*.

GABRIEL EPITACIO RODRIGUES OLIVEIRA¹; MAYKON JHULY MARTINS DE PAIVA²; NAYARA SOUSA TAVARES³; RICARDO CONSIGLIERO GUERRA⁴

1 – ALUNO BOLSISTA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNITPAC; 2 – PROFESSOR MESTRE DA FACULDADE DE PALMAS; 3 – ALUNA DO PROGRAMADE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNITPAC; 4 – PROFESSOR DOUTOR DO UNITPAC

gabrielepitaciofarma@hotmail.com; nayaaratavares@gmail.com; maykonjhuly@hotmail.com; guerra.ricardo@gmail.com

Resumo - A espécie *Cymbopogon citratus*, (DC.) Stapf pertencente à família Poaceae, é originária da Índia e largamente distribuída por vários países tropicais, entre eles o Brasil, onde assume diferentes sinonímias como capim limão, capim-santo, erva-cidreira, entre outras e que apresenta atividade antifúngica, antibacteriana, anti-helmíntica, inseticida, diurética e anticarcinogênica. A distribuição *Staphylococcus aureus* é muito ampla, visto que essa bactéria é perfeitamente capaz de resistir à dessecação e ao frio, podendo permanecer viável por longos períodos em partículas de poeira. Seus mecanismos de resistência são eficazes na inativação de drogas, onde, se faz necessário a procura de novas substâncias capazes de se manterem ativas perante esses mecanismos. O presente artigo busca avaliar a atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos frente a bactéria *Staphylococcus aureus*.

Keywords: *Staphylococcus*. Resistência. Extratos.

Abstract - The species *Cymbopogon citratus*, (DC.) Stapf, belonging to the Poaceae family, is originally from India and widely distributed in several tropical countries, among them Brazil, where it assumes different synonyms such as lemongrass, capim-santo, lemongrass, among others and which has antifungal, antibacterial, anthelmintic, insecticidal, diuretic and anticarcinogenic activity. The *Staphylococcus aureus* distribution is very wide, since this bacterium is perfectly capable of resisting desiccation and cold, and can remain viable for long periods in dust particles. Its resistance mechanisms are effective in inactivating drugs, where it is necessary to search for new substances capable of keeping themselves active in the face of these mechanisms. This article seeks to evaluate the antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts against the bacterium *Staphylococcus aureus*.

Keywords: *Staphylococcus*. Resistance. Extracts.

I. INTRODUÇÃO

As plantas possuem uma variedade de compostos químicos em suas folhas, raízes, e flores com propriedades altamente atrativas capazes de prover, além da nutrição básica, benefícios à saúde, como a preservação e o tratamento de doenças (VEGGI, 2009).

No entanto as plantas medicinais representam um importante recurso terapêutico desde a antiguidade até nossos dias. No passado, representavam o principal recurso terapêutico conhecido. O uso de plantas medicinais é um dos traços mais característicos da espécie humana, e com mais frequência tem sido indicada pelos profissionais, por conta principalmente do menor número de contra indicações efeitos colaterais em comparação aos medicamentos industriais ou sintéticos (ALMEIDA *et al.*, 2008; FRANCISCO, *et al.*, 2017).

A espécie *Cymbopogon citratus*, (DC.) Stapf, pertencente à família Poaceae, é originária da Índia e largamente distribuída por vários países tropicais, entre eles o Brasil, onde assume diferentes sinonímias como capim limão, capim-santo, erva-cidreira, entre outras. Planta aromática, possui folhas longas, estreitas, que, ao serem machucadas, exalam um forte odor, característico de limão (BARACUHY *et al.*, 2016; DE ALMEIDA & DOS SANTOS, 2018). E que apresenta atividade antifúngica, antibacteriana, anti-helmíntica, inseticida, diurética e anticarcinogênica (FIGUEIREDO *et al.*, 2002; HASSAN, 2016; RAMOS, *et al.*, 2017).

É encontrada em todo o território brasileiro e comumente citada em levantamentos de plantas medicinais e estudos etnobotânicos. Suas folhas são ricas em citral, no qual a atividade antibacteriana está associada. Reside principalmente nos componentes α - e β -citral presentes no óleo (COSTA *et al.*, 2005).

Em todo o mundo, há um grande número de cepas bacterianas resistentes a múltiplas drogas, Lucena *et al.* (2015) relata que principalmente no ambiente hospitalar, aumentando a morbidade, os custos inerentes a cuidados de saúde, e as taxas de mortalidade devido a infecções.

As bactérias do gênero *Staphylococcus* sp. são distribuídas na natureza, bem como na microbiota normal da pele e das mucosas de animais e aves. Algumas espécies de *Staphylococcus* são geralmente reconhecidos como agentes etiológicos de infecções oportunistas em muitos animais e seres humanos (LUCENA *et al.*, 2015; SOUSA & VEIGA, 2018).

O *Staphylococcus aureus* é uma das espécies mais importante de infecções humanas e hospitalares (LUCENA *et al*, 2015). É uma bactéria esférica, do grupo dos cocos gram-positivos, frequentemente encontrada na pele e nas fossas nasais de pessoas saudáveis. Entretanto pode provocar doenças, que vão desde uma simples infecção (espinhas, furúnculos e celulites) até infecções graves (pneumonia, meningite, endocardite, síndrome do choque tóxico, septicemia e outras) (SANTOS *et al.*, 2007; SOUZA, *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de *Cymbopogon citratus* sobre o *Staphylococcus aureus*.

II. MÉTODOS

Foi realizado um estudo experimental, e para isso, foram coletadas as folhas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (Figura 1) cultivadas no município de Araguaína - TO, essas, foram levadas ao laboratório em sacos plásticos transparentes, onde foram lavadas, retirado o excesso de água após a lavagem, e preparadas para posteriormente secar em estufa de circulação de ar a 40°C por 24 horas. Após a secagem, foram retiradas da estufa e trituradas. Foi pesado 250 g da amostra. A amostra triturada foi acondicionada no percolador e entumecida em álcool à 70% e assim ficou durante 10 dias. Posteriormente realizou-se a percolação, finalizando o extrato, que foi acondicionado em frasco âmbar devidamente identificado.

Figura 1 - Folhas de *Cymbopogon citratus*, (DC.) Stapf



Fonte: KEW, 1906, p.322.

Após a preparação do extrato vegetal, foram preparadas placas com o meio de cultura Ágar Mueller-Hilton para realização dos teste de difusão em disco com cepas de *Staphylococcus aureus* de origem clínica, essas, foram coletadas de acadêmicos da área da saúde de períodos iniciais e finais, do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC) e profissionais da saúde atuantes no Hospital Regional de Araguaína (HRA). Sendo essa coleta devidamente autorizada pelo comitê de ética em pesquisa, com o número do parecer: 2.581.606.

As cepas de *Staphylococcus aureus* foram submetidas a uma diluição prévia seguindo o padrão de grau 0,5 da escala Mac Farland, utilizando-se para isso, solução salina estéril, em seguida, um swab estéril foi embebido na solução bacteriológica e semeado de forma suave em todas direções na placa, procurando abranger toda a superfície, o

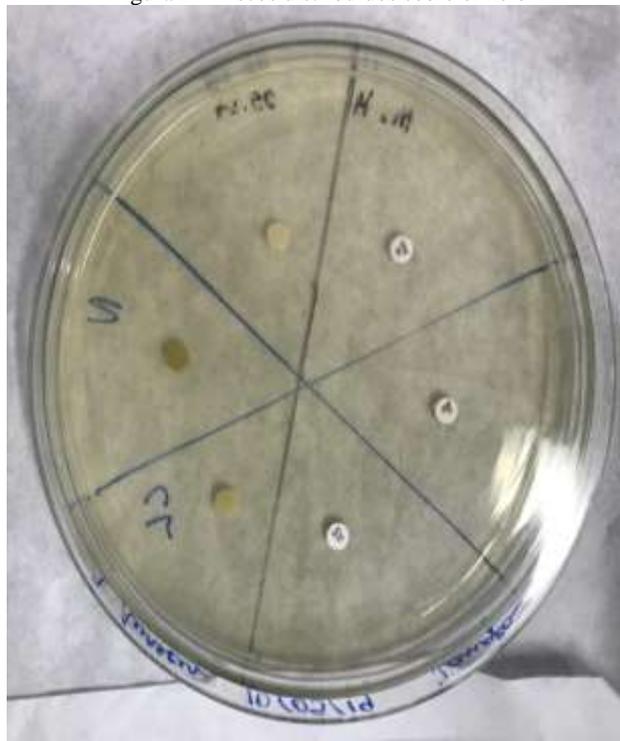
plaqueamento foi realizado em duplicata a fim de garantir um resultado eficaz.

Com auxílio de uma pinça flambada e resfriada, foram colocados, sobre a superfície do meio inoculado, discos de antibióticos (Vancomicina, Ampicilina, Azitromicina) exercendo uma leve pressão com a ponta da pinça para uma boa adesão dos discos, posteriormente a placa foi incubada em estufa de crescimento microbiano a 35°C por 24 horas. Após esse período, foi verificada a presença de halos ao redor dos orifícios e medidos os diâmetros dos halos com auxílio de uma régua milimetrada.

III. RESULTADOS

Para o teste de disco difusão com cepas clínicas de *Staphylococcus aureus*, foram testados os antibióticos: Vancomicina, Ampicilina, Azitromicina, além de utilizar um disco de papel estéril embebido em álcool como controle, e um disco com o extrato de *opogon citratus* (DC.) Stapf, conforme (figura 2).

Figura 2 - Discos distribuídos sobre o meio



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Dentre os antibióticos em análise os que apresentaram halo de inibição foram Vancomicina e Azitromicina, com halo de 23mm e 20mm respectivamente.

A azitromicina faz parte do grupo de macrolídeos que são drogas bacteriostáticas e agem através da inibição da síntese proteica bacteriana, através de ligação com a subunidade ribossomal 50S, e tem sido amplamente utilizada como antibiótico de escolha para eliminar infecções de origem gram-positiva (TEBERIK, *et al.*, 2019).

O extrato de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf não promoveu formação de halo de inibição quando comparados aos antibióticos, foi ineficaz sobre as bactérias *Staphylococcus aureus*, sem atividade antibacteriana demonstrando assim uma resistência das cepas em teste ou uma insensibilidade frente ao extrato, como já foi descrito por

Alvarenga *et al.* (2007), onde as cepas de *Staphylococcus aureus* testadas associadas ao extrato hidroalcoólico de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf não apresentou inibição significativa.

Farias (2008) relata que a resistência da cepa de *Staphylococcus aureus*, frente a ampicilina é de 86,8%, um fator preocupante para a saúde pública em todo mundo já que com o passar dos anos os microorganismos se tornam resistentes e opções terapêuticas e combinações para o tratamento de infecções diminuem, criando assim um grave problema principalmente em ambientes hospitalares de alta complexidade.

As formas que os produtos de origem natural impedem o crescimento de microorganismos podem ocorrer de formas diversas, tendo em vista principalmente a região e as características de cultivo, mas uma das justificativas está na sua natureza hidrofóbica de determinados componentes. Os compostos tem a capacidade de interagir com a dupla camada lipídica da membrana celular e provocar mudanças severas na cadeia respiratória e a produção de energia, outro aspecto a ser considerado é que a célula pode ficar mais permeável aos antibióticos, levando à suspensão da atividade vital da celular (LUCENA, *et al.*, 2015; LIMA, *et al.*, 2019).

Mas é importante ressaltar que *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf tem sido testada na forma de extrato em todo o mundo, em pesquisa realizada por Bayala e colaboradores (2018), os resultados mostraram que a planta diminuiu significativamente a quantidade de células cancerígenas e pode ser uma nova opção para o tratamento de câncer de próstata e glioblastoma, ganhando assim destaque a sua atividade citotóxica.

No entanto é importante destacar que as limitações deste estudo estão relacionadas a variedade de amostrar de *Staphylococcus aureus* tendo em vista que foram coletadas de uma única unidade hospitalar, para novas pesquisas futuras relacionadas ao assunto, é possível expandir o campo de coleta, proporcionando também um conjunto de dados mais dinâmico.

IV. CONCLUSÃO

A distribuição *Staphylococcus aureus* é muito ampla, visto que essa bactéria é perfeitamente capaz de resistir à dessecação e ao frio, podendo permanecer viável por longos períodos em partículas de poeira (SANTOS *et al.*, 2007).

Segundo Santos *et al.* (2007) a resistência do *Staphylococcus aureus* aos antibióticos vem sendo desenvolvida por mutações em seus genes ou pela aquisição de genes de resistência de outras bactérias da mesma espécie (ou até de outras). Segundo o autor, geralmente, essa resistência que ocorre por mutação gera uma alteração no sítio de ação do antibiótico, enquanto a resistência por aquisição de genes de resistência frequentemente envolve a inativação ou a destruição do fármaco, sendo transmitida por plasmídeos e transposons.

Apesar dos resultados não terem sido promissores para inibição microbiana da bactéria Gram positiva em análise, frente ao extrato vegetal, esses testes se fazem muito importantes, haja vista que os mecanismos de resistência estão cada vez mais complexos e a busca por novas opções terapêuticas no combate a resistência microbiana se faz necessária.

V. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. B. A., *et al.* Atividade antimicrobiana de *Cymbopogon citratus* (DC.) stapf sobre *Candida* spp. **Revista de Odontologia da UNESP**. São Paulo, v.37, n.2, p.147-153, 2008.
- ALVARENGA, A.L., *et al.* Atividade antimicrobiana de extratos vegetais sobre bactérias patogênicas humanas. **Rev. Bras. Pl. Med.** Botucatu, v.9, n.4, p.86-91, 2007.
- BAYALA, B., *et al.* *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oil shavecy to toxic effect on tumor cell cultures. Identification of citral as a new putative anti-proliferative molecule. **Biochimie**, v. 153, p. 162-170, 2018.
- COSTA, L.C.B., *et al.* Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.956-959, out-dez, 2005.
- DE ALMEIDA, A.S; DOS SANTOS, A.F. Prospecção fitoquímica do extrato metanólico das folhas da Espécie *Cymbopogon Citratus*. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 519-525, 2018.
- FARIAS, R.C.B. **Resistência a antimicrobianos em *Staphylococcus aureus***. Dissertação. Universidade Federal de Uberlândia. 2008.
- FIGUEIREDO, R. O., *et al.* Effect of grow thregulators in citral content in lemon grass in different seasons. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v.569, n.22, p.47-49, 2002.
- FRANCISCO, D.K.S., *et al.* Efeito de diferentes técnicas de secagem na qualidade de folhas de *Lippia Alba* para utilização no Programa de Fitoterapia do SUS em Volta Redonda/RJ. **Revista Sodebras [on line]**, v. 12, n.144, p.136-140, 2017.
- HASSAN, E. Comparative study on the biosorption of Pb (II), Cd (II) and Zn (II) using Lemon grass (*Cymbopogon citratus*): kinetics, isotherms and thermo dynamics. **Chemistry International**, v. 2, n. 2, p. 89-102, 2016.
- KEW, R.G. **Bulletin of Miscellaneous Information**. 1906, p. 322 – 357.
- LIMA, C.V.R.*et al.* Ação antibacteriana do óleo essencial das folhas de aroeira frente a patógenos multirresistentes. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 1, p. 242-252, 2019.
- LUCENA, B. F. F., *et al.* Avaliação da atividade antibacteriana e moduladora de aminoglicosídeos do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. **Acta Biológica Colombiana**, Bogotá, Colombia, v.20, n.1, janeiro-abril, p.39-45, 2015.
- MACHADO, Terezinha F. *et al.* **Atividade antimicrobiana do óleo essencial de capim-limão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.
- ONAWUNMI, G.O.; YISAK, W.A.B.; OGUNLANA, E.O. Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. **Journal of Ethnopharmacology**, v.12, p.279-286, 1984.
- RAMOS, E. T.D.A; BORGES, K.C.A.; TEBALDI, V.M.R. Atividade bactericida dos extratos hidroalcoólicos de herárox e capim-limão e dos óleos essenciais de orégano,

tomilho e melaleuca sobre xanthomonas albilineans. **Cadernos UniFOA**, v. 7, n. 19, p. 65-71, 2017.

SANTOS, A. L. D *et al.* Staphylococcus aureus: visitando uma cepa de importância hospitalar. **J BrasPatolMedLab**, Rio de Janeiro, v.43, n.6, p.413-423, dez./2007.

SANTOS, I.; CUNHA, I. **Patogênicos emergentes em alimentos**. Segurança e qualidade Alimentar, Lisboa, n.2, p.10-13, 2007.

SOUZA, D.F; VEIGA, W.A. Efeito bactericida de extratos vegetais sobre colônias de bactérias isoladas de pacientes com infecção no trato urinário (Itu). **REINPEC-Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 4, n. 3, p.416-425, 2018.

TEBERIK, K. *et al.* Os efeitos da azitromicina tópica, moxifloxacina e iodopovidona na flora bacteriana conjuntival em injeções intravítreas. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 82, n. 1, p. 25-31, 2019.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, CHRISTINE L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VEGGI, P.C. **Obtenção de extratos vegetais por diferentes métodos de extração**: estudo experimental e simulação dos processos. Dissertação. Campinas, SP: [s.n.], 2009.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 30/12/2019

Aprovado em: 14/04/2020

ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DO EXTRATO DE *Azadirachta indica*, FRENTE A *Candida albicans* DE ORIGEM CLÍNICA E *Candida lusitaniae* ATCC 66035

ANTIFUNGAL ACTIVITY OF THE EXTRACT OF *Azadirachta indica*, FRONT OF *Candida albicans* OF CLINICAL ORIGIN AND *Candida lusitaniae* ATCC 66035

GABRIEL EPITACIO RODRIGUES OLIVEIRA¹; IANGLA ARAÚJO DE MELO DAMASCENO²; KELLEN PATRICIA XAVIER³; MAYKON JHULY MARTINS DE PAIVA⁴; NAYARA SOUSA TAVARES⁵; RICARDO CONSIGLIERO GUERRA⁶.

1 – ALUNO BOLSISTA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNITPAC; 2 – PROFESSORA MESTRE DO UNITPAC; 3 – ALUNA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNITPAC; 4 – PROFESSOR MESTRE DA FACULDADE DE PALMAS; 5 – ALUNA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO UNITPAC; 6 – PROFESSOR DOUTOR DO UNITPAC
gabrielepitaciofarma@hotmail.com; ianglamelo@gmail.com; kellenpxavier@gmail.com; nayaaratavares@gmail.com; maykonjhuly@hotmail.com; guerra.ricardo@gmail.com

Resumo - A *Azadirachta indica* é uma árvore milenar nativa da Índia, conhecida popularmente por “Neem”, utilizada há séculos no Oriente como planta medicinal para o tratamento de infecções virais. O gênero *Candida* sp é constituído por mais de 200 espécies. A principal espécie é *C. albicans*, por ser facilmente isolada e por apresentar maior capacidade de causar enfermidades em humanos. O artigo busca avaliar a atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos frente a fungos do gênero *Candida*. Foi realizado um estudo experimental, utilizando folhas de *Azadirachta indica*, onde foi realizado, secagem, trituração e preparo do extrato vegetal que foi testado em cepas de *C. albicans* utilizando placa de petri para verificar formação de halo. Observou-se que o extrato de *Azadirachta indica* e os discos antifúngicos não apresentaram atividade inibitória nos testes realizados com as cepas clínicas de *C. albicans*.

Palavras-chave: *Candida* sp. Resistência. Extratos.

Abstract - *Azadirachta indica* is an ancient tree native to India, popularly known as “Neem”, used for centuries in the East as a medicinal plant for the treatment of viral infections. The genus *Candida* sp is made up of more than 200 species. The main species is *C. albicans*, as it is easily isolated and has a greater capacity to cause diseases in humans. The article seeks to evaluate the antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts against fungi of the genus *Candida*. An experimental study was carried out, using leaves of *Azadirachta indica*, where drying, crushing and preparo of the plant extract was carried out, which was tested in strains of *C. albicans* using petri dishes to verify the formation of halo. It was observed that the extract of *Azadirachta indica* and the antifungal disks showed no inhibitory activity in the tests performed with the clinical strains of *C. albicans*.

Keywords: *Candida* sp. Resistance. Extracts.

I. INTRODUÇÃO

As plantas medicinais constituem recursos importantes para o tratamento de enfermidades associados a medicina popular ou “caseira” (BERNARDI; MEURER; ARANTES, 2012). Segundo Carvalho *et al.* (2007) a Organização Mundial da Saúde (OMS), considera as plantas medicinais

como importantes instrumentos da assistência farmacêutica, cerca de 48% dos medicamentos empregados na terapêutica clínica advêm, direta ou indiretamente, de produtos naturais, especialmente de plantas medicinais.

A *Azadirachta indica* é uma árvore milenar nativa da Índia, conhecida popularmente por “Neem”, utilizada há séculos no Oriente como planta medicinal para o tratamento de infecções virais. É uma planta que cresce bem em países tropicais e subtropicais, pertence à família Meliaceae, pode atingir cerca de 30 metros de altura e 80 cm de largura, apresenta grande quantidade de folhas sempre verdes, imparipenadas, coloração verde-claro, raízes profundas e pivotante, flores pequenas e brancas, bissexuadas, inflorescências com 25 cm de comprimento, frutos lisos, glabros, elipsóides (MOSSINI; KEMMELMEIER, 2005).

O “Neem” possui várias substâncias ativas (SUBAPRIYA; BHUVANESWARI; NAGINI, 2005). Nos países asiáticos a planta era conhecida como “farmácia-viva” ou “árvore-milagrosa”, tendo visto seus múltiplos usos. Diversas propriedades dos compostos presentes no “Neem” têm sido descritas na literatura como, antipirético, antimalárico, efeito antitumoral, antiulceroso, antidiabético, contraceptivo, atividade depressora sobre o sistema nervoso central, efeito hipotensor, atividade antioxidante, ação antifúngica e ação antibacteriana (KOONA; BUDIDA, 2011).

Muitos estudos já comprovaram a capacidade de utilização do óleo e extratos de Neem como controle biológico do crescimento de diversos gêneros fúngicos, como, *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Microsporium spp.*, *Rhizopus spp.* E principalmente como substância antimicotóxica (BHATNAGAR; MCCORMICK, 1988; ZERINGUE; SHIH; BHATNAGAR, 2001; MOSSINI; OLIVEIRA; KEMMELMEIER, 2004; SITARA *et al.*, 2008; BRITO *et al.*, 2018; RODRIGUES, *et al.*, 2019).

Para ter os efeitos comprovados os medicamentos classificados como fitoterápicos deverão passar por testes

para que sejam usados com a finalidade de tratar doenças, proporcionando assim, o surgimento de novos compostos com finalidade terapêutica (SIMÕES *et al.*, 2000; BERALDO *et al.*, 2015).

O gênero *Candida sp* é constituído por mais de 200 espécies, são patógenos humanos. A principal espécie é *C. albicans*, por ser facilmente isolada e por apresentar maior capacidade de causar enfermidades em humanos (FIDEL, 2002; BONI, 2016). A patogênese da *Candida sp* é propiciada principalmente por fatores inerentes a sua capacidade de aderência às células do hospedeiro. Podem surgir casos de infecções em pele e mucosas, trato digestivo, vagina, cavidade oral (DARÃES *et al.*, 2005).

As pesquisas sobre *Candida albicans* revelam que de forma direta esta é a espécie que provoca com mais frequência infecção no ser humano, constituindo um total de 60% dos casos em que são isoladas amostras clínicas das diferentes regiões do mundo, uma vez que esta levedura faz parte da microbiota humana normal (OMBRELLA, *et al.*, 2018).

Uma situação que tem provocado atenção aos pesquisadores do setor de micologia é uma ampliação no surgimento de tipos de fungos que apresentam resistência a fármacos já existentes tendo em vista que o mercado atual, dispõe de um número reduzido de opções para tratamento de doenças e infecções, provocando assim um grave problema para os setores de controle e gerenciamento de crises relacionados a saúde no mundo. pois, tem acarretado diversos surtos que terminam levando a consequências graves ou até mesmo a morte (BARROS, *et al.*, 2017; CAMPOS, *et al.*, 2017; BRITO *et al.*, 2018).

O objetivo desse estudo foi avaliar a atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de *Azadirachta indica* frente a cepas clínicas de *Candida albicans* e cepas ATCC de *Candida lusitanae*.

II. MÉTODOS

Foi realizado um estudo experimental, e para isso, foram coletadas as folhas de *Azadirachta indica* no município de Araguaína - TO, no Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC). As folhas de *Azadirachta indica* foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes (figura 1), transportadas até o laboratório de farmacognosia do departamento de Farmácia do UNITPAC, onde foram lavadas, retirado o excesso de água após a lavagem, e preparadas para posteriormente secar em estufa de circulação de ar a 40°C por 24 horas. O local possuía recondicionador de ar. Após a secagem, foram retiradas da estufa e trituradas. Em seguida foram pesados 250 g da amostra para a preparação do extrato vegetal. A amostra triturada foi acondicionada no percolador e entumescida em álcool à 70%, e assim ficou durante 10 dias. Posteriormente realizou-se a percolação, finalizando o extrato, que foi acondicionado em frasco âmbar devidamente identificado (VEGGI, 2009).

Figura 1 - Folhas de *Azadirachta indica* acondicionadas em sacos plásticos transparentes



Fonte: Acervo dos autores (2018).

Após a preparação do extrato vegetal, no laboratório de microbiologia do UNITPAC foram preparadas placas com Ágar Sabouraud para teste de difusão em disco. Utilizou-se 4 cepas clínicas de *C. albicans* e 1 ATCC 66035 de *Candida lusitanae*, sendo, as cepas clínicas isoladas da mucosa oral de pacientes HIV - positivos atendidos no Hospital de Doenças Tropicais da Universidade Federal do Tocantins (HDT/UFT) da cidade de Araguaína-TO. A coleta das amostras biológicas, a partir das lesões presentes na mucosa oral, foi realizada mediante o método esfoliativo, com auxílio de um swab.

O material coletado foi acondicionado em tubos de ensaio, contendo solução fisiológica estéril, e armazenado sob refrigeração (4°C) em caixa de isopor. As amostras foram enviadas imediatamente ao laboratório de Microbiologia do UNITPAC. Coleta devidamente autorizada pelo comitê de ética em pesquisa, com o número do parecer: 2.091.061.

Após a identificação, todas as cepas (clínicas e ATCC) foram submetidas a uma diluição prévia seguindo o padrão de grau 0,5 da escala Mac Farland, utilizando-se para isso, solução salina estéril, em seguida, um swab estéril foi embebido na solução e semeado de forma suave em todas direções na placa, procurando abranger toda a superfície, o plaqueamento foi realizado em duplicata a fim de garantir um resultado eficaz.

Com auxílio de uma pinça flambada e resfriada, foram colocados, sobre a superfície do meio inoculado, discos de antifúngicos de uso comum (fluconazol, itraconazol e clotrimazol), disco de papel filtro estéril embebido no extrato vegetal e um disco contendo álcool a 70%, exercendo uma leve pressão com a ponta da pinça para uma boa adesão dos discos, posteriormente as placas foram deixadas sobre a bancada na sala de estufas no laboratório de microbiologia, tendo em vista que o clima do estado do Tocantins é propício para o crescimento fúngico em temperatura ambiente, assim ficaram por 5 dias. Após esse período, foi verificada se havia presença de halos ao redor dos orifícios e medidos os diâmetros dos halos com auxílio de uma régua milimetrada.

III. RESULTADOS

Nos seres humanos, a espécie mais comum de *Candida spp.* encontradas na mucosa oral saudável, como também na candidíase oral, é a *C. albicans*, devido às suas propriedades de aderência e maior nível de virulência (DABAS, 2013).

Os resultados mostraram que para as cepas isoladas da mucosa oral de pacientes HIV - positivos existe uma resistência frente os antifúngicos testados (fluconazol, itraconazol e clotrimazol), essas, também apresentaram-se resistentes frente ao extrato vegetal de *Azadirachta indica* e ao álcool.

Assunção e colaboradores (2014) ao avaliarem a atividade bacteriana do óleo da fava de *Pterodon emarginatus* também identificaram que não houve formação de halo na placa de crescimento, confirmando que em diversos casos a população faz o uso de ervas ou plantas com a expectativa de cura de doenças, e estas por sua vez, não possuem efeito benéfico, e muitas vezes podem inclusive provocar danos à saúde, através da toxicidade.

Porém cabe também ressaltar que diferentes estações do ano, além de sazonalidades das regiões, horário que se realiza a coleta, armazenamento, forma de preparo do extrato e metodologias utilizadas, pode-se revelar resultados discutíveis entre as diferentes atividades do extrato do Neem, fazendo-se necessário outros estudos para avaliação do potencial da planta.

Beraldo e colaboradores (2015) ao avaliarem a atividade antifúngica de extratos vegetais de *Azadirachta indica* frente a cepa padrão de *Candida albicans* ATCC 10231, observaram que os extratos a base de hexano e álcool etílico 70%, resultaram em halos poucos expressivos ou nulos, destacando que mesmo empregando a máxima concentração disponível, os efeitos não foram significativos, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo.

Figura 2 - Placa de *C. albicans* sem halo de inibição após 24 horas de incubação



Fonte: Acervo dos autores (2018).

Já nos testes utilizando cepas ATCC 66035 de *Candida lusitanae* obteve-se um resultado positivo para a inibição fúngica, sendo que, dentre os antifúngicos testados observou-se, em ordem crescente de inibição: Fluconazol, Clotrimazol e itraconazol, tendo o extrato vegetal não apresentado atividade fungicida para estas cepas. Os resultados encontrados corroboram com o descrito por Menezes *et al.* (2009), onde, cepas de *Candida albicans* testadas in vitro associadas ao extrato hidroalcoólico de *Azadirachta indica* não apresentaram inibição muito significativa.

Desde a década de 80 é reportado na literatura amostras de *Candida spp.* resistentes aos antifúngicos, o primeiro deles foi o Cetoconazol, primeiro azólico utilizado no tratamento

da candidíase oral em pacientes com AIDS. Após a descoberta dessa resistência passou-se a adotar os triazólicos para o tratamento das infecções fúngicas. Hoje o Fluconazol tem demonstrado ser eficaz e bem tolerado, por apresentar ampla distribuição tecidual. No entanto, já é reportado resistência a esse antifúngico, condição associada a recidivas frequentes (MORIS, 2010).

IV. CONCLUSÃO

Após análise dos resultados, observou-se que o extrato de *Azadirachta indica* e os discos antifúngicos não apresentaram atividade inibitória nos testes realizados com as cepas clínicas de *C. albicans* oriundas de pacientes HIV positivos, demonstrando assim, uma visível resistência dos fungos aos principais antifúngicos, bem como ao extrato vegetal produzido durante a pesquisa. As limitações encontradas neste estudo estão relacionadas a pouca oferta da planta na região, o que impossibilitou analisar o potencial de várias fontes de *Azadirachta indica* ao mesmo tempo.

Mesmo o extrato hidroalcoólico de *Azadirachta indica* não tendo sido eficaz na inibição do crescimento fúngico, a pesquisa foi de extrema importância considerando-se que, o conhecimento deste padrão de sensibilidade aos fármacos antifúngicos pode orientar o estabelecimento de protocolos clínicos de tratamento em pacientes desta região. Dessa forma, contribuindo com o direcionamento e conduta terapêutica de profissionais de saúde durante prescrição de medicamentos e plantas medicinais ou fitoterápicos para afecções produzidas por leveduras do gênero *Candida spp.* E que além disso, se faz importante a pesquisa de novas substâncias que tenham atividade antifúngica haja vista que os mecanismos de resistência estão cada vez mais complexos e necessitam de novas opções terapêuticas para tratamento de paciente que apresentem infecções recorrente por cepas resistentes.

V. REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, D.A.L. *et al.* Avaliação da atividade antibacteriana do óleo da fava de *Pterodon emarginatus* (Sucupira). **Revista Sodebras [on line]**. v.9, n.104, Ago./2014, p.25-28. ISSN. 1809-3957. Disponível em: < <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N104.pdf>>. Acesso em 12 dez.2019.

BARROS, B.S *et al.* **Avaliação da atividade antifúngica do óleo essencial de mentha piperita l.(hortelã-pimenta) sobre cepas de candida albicans.** Trabalho de Conclusão de Curso em Farmácia. João Pessoa – PB, 2017.

BERALDO, J. I. *et al.* Estudo da atividade antifúngica de extratos vegetais de *Azadirachta indica* frente a cepa padrão de *Candida albicans* ATCC 10231. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 19, n. 1, 2015.

BERNARDI, N. de O.; MEURER, M.; ARANTES, V. P. Estudo da atividade antibacteriana de extratos vegetais de *Azadirachta indica* “Neem” frente a cepa padrão de *Streptococcus pyogenes* atcc 19615. **Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 16, n. 3, p. 117-122, set./dez. 2012.

BHATNAGAR, D.; MCCORMICK, S.P. The Inhibitory Effect of Neem (*Azadirachta indica*) Leaf Extracts on Aflatoxin Synthesis in *Aspergillus parasiticus*. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 65, n. 7, p. 1166-1168, 1988.

- BONI, G. C. **Avaliação da atividade anti-Candida de compostos purificados isolados de diferentes espécies de Mentha**. Tese (Mestrado em Biologia Buco-Dental, na Área de Microbiologia e Imunologia). Universidade Estadual de Campinas. Piracicaba, 2016.
- BRITO, R. *et al.* Utilização de Óleos Essenciais de Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Citronela (*Cymbopogon nardus*) e Óleo de Nim (*Azadirachta indica*) no Controle de Insetos e Microorganismos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- CAMPOS, R. S. **Atividade antifúngica da palmatina frente a isolados de candida spp.resistentes a azólicos e sua atividade contra biofilme formado e em formação**. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Médica). Fortaleza-CE, 2017.
- CARVALHO, A. C. B. *et al.* Aspectos da legislação no controle de medicamentos fitoterápicos. **T & C Amazônia**, Ano v, n. 11, 2007.
- DABAS, P.S. An approach to etiology, diagnosis and management of different types of candidiasis. **Journal of Yeast and Fungal Research**, v. 4, n. 6, p. 63-74, 2013.
- DARÃES, G. V. *et al.* Suscetibilidade de *Candida albicans* a extratos de *Azadirachta indica* (nim). **Braz. Oral. Res.** São Paulo, v. 4, p. 12-17, 2005.
- FIDEL JR, P. L. Distinct protective host defenses against oral and vaginal candidiasis. **Med Mycol.** v.40, n.4, p. 359-75, 2002.
- KOONA, S.; BUDIDA. S. Antibacterial potential of the extracts of the leaves of *Azadirachta indica* Linn. **Not. Sci. Biol.** v. 3, n. 1, p. 65-69, 2011.
- MENEZES, T. O. A. *et al.* Avaliação in vitro da atividade antifúngica de óleos essenciais e extratos de plantas da região amazônica sobre cepas de *Candida albicans*. **Revista de Odontologia da Unesp.** v. 38, n. 3, p. 184-191, 2009.
- MORIS, D. V. **Perfil genômico e sensibilidade a antifúngicos de amostras sequenciais de *Candida spp.* isoladas da cavidade oral de indivíduos infectados pelo vírus da imunodeficiência humana**. 177f. (Tese para Título de Doutor em Medicina Tropical). Botucatu, UNESP, 2010.
- MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos usos. **Acta Farm. Bonarense**, v. 24, n.1, p.139-148, 2005.
- OMBRELLA, A. M. *et al.* Actividades proteinasa y fosfolipasa de aislamientos de *Candida albicans* provenientes de secreciones vaginales con distintos valores de pH. **Revista Iberoamericana de Micología.** v. 25, p. 12-6, 2018
- RODRIGUES, M.P. *et al.* **Efeitos do óleo de neem *Azadirachta indica* sobre o crescimento in vitro e produção de ocratoxina A por cepas de *Aspergillus carbonarius***. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, MG, 2019.
- SITARA, U. *et al.* Antifungal effect of essential oils on in vitro grow of pathogenic fungi. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 409-414, 2008.
- SIMÕES, M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis: 2 ed. editora UFRGS/UFSC, 2000.
- SUBAPRIYA, R.; BHUVANESWAR, V.; NAGINI, S. Ethanolic Neem (*Azadirachta indica*) leaf extract induces apoptosis in the hamster buccal pouch carcinogenesis model by modulation of bcl-2, bim, caspase 8 and caspase 3. **Asian. Pacific. Journal of Cancer Prevention**, v. 6, p. 515-520, 2005.
- VEGGI, P.C. **Obtenção de extratos vegetais por diferentes métodos de extração: estudo experimental e simulação dos processos**. Dissertação de Mestrado. Campinas, SP: [s.n.], 2009.
- ZERINGUE, H.J.; SHIH, B.Y.; BHATNAGAR, D. Effects of clarified Neem oil on growth and aflatoxin B formation in submerged and plate cultures of aflatoxigenic *Aspergillus spp.* **Phytoparasitica**, v. 29, p. 1-4, 2001.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 30/12/2019
Aprovado em: 14/04/2020

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-2	ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM BRASÍLIA-DF: UMA APLICAÇÃO DE CADEIAS DE ORDEM VARIÁVEL ANALYSIS OF RELATIVE AIR HUMIDITY IN BRASÍLIA-DF: AN APPLICATION OF VARIABLE ORDER CHAINS Lucas Moreira; Rafael Ribeiro Borges
3-8	SUPOORTE À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO ASSISTIDO DE IMPLANTES DENTÁRIOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA E ANÁLISE DE CONTEÚDO SUPPORT THE DECISION-MAKING IN THE PROCESS OF DENTAL IMPLANT: A REVIEW AND CONTENT ANALYSIS Sabrina Tinfer; Osiris Canciglieri Junior; Anderson Luiz Szejika; Marcelo Rudek
3-8	ANÁLISE DE MODO DE FALHA E SEU USO NO PROJETO DE EQUIPAMENTOS PARA UMA EMPRESA FAILURE MODE ANALYSIS AND ITS USE IN EQUIPMENT DESIGN OF A COMPANY Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Antonio Henriques De Araujo Junior; Raphael Antonio Dos Santos Pires

ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM BRASÍLIA-DF: UMA APLICAÇÃO DE CADEIAS DE ORDEM VARIÁVEL

ANALYSIS OF RELATIVE AIR HUMIDITY IN BRASÍLIA-DF: AN APPLICATION OF VARIABLE ORDER CHAINS

LUCAS MOREIRA¹; RAFAEL RIBEIRO BORGES

1 – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

lmoreira@unb.br; rafaelribeirotrab@outlook.com

Resumo– Seguindo Quintino e Moreira (2015), a motivação inicial deste trabalho foi a obtenção de modelos meteorológicos na região do Distrito Federal. Mais especificamente, propomos modelos de previsão para a umidade relativa do ar mínima para Brasília-DF. Para tanto, a classe de modelos utilizada foram as cadeias de ordem variável. Utilizamos dados diários da umidade relativa do ar mínima para calcularmos a probabilidade de que em um determinado dia haja estado de emergência, estado de alerta, estado de atenção ou umidade mínima adequada para a saúde. A estimação das árvores de contextos associadas aos modelos propostos foi feita por meio do estimador BIC no ambiente R. Adicionalmente, verificamos que houve uma mudança na umidade relativa do ar de Brasília após os anos 2.000 quando comparado com anos anteriores.

Palavras-chave: Cadeias de Ordem Variável. Árvores de Contextos. Modelos Meteorológicos. Umidade Relativa do Ar.

Abstract - Following Quintino and Moreira (2015), the initial motivation of this work was to obtain meteorological models in the Federal District. More specifically, we propose models of prediction for the minimum relative humidity of air for Brasília-DF. For this, the class of models used were the variable order chains. We use daily minimum relative air humidity data to calculate the probability that a state of emergency, alertness, attention state, or adequate humidity for health will occur on a given day. The estimation of the trees of contexts associated to the proposed models was done through the BIC estimator in the R environment. In addition, we verified that there was a change in the relative air unit of Brasilia after 2000 years when compared to previous years.

Keywords: Variable Order Chains. Context Trees. Meteorological Models. Relative Humidity.

I. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, obtemos modelos meteorológicos para a umidade relativa do ar mínima na cidade de Brasília-DF. Mais especificamente, a partir do histórico das umidades relativas mínimas diárias nessa cidade, calculamos a probabilidade de que em um determinado dia haja estado de emergência, estado de alerta, estado de atenção ou umidade mínima adequada para a saúde. Para tanto, os modelos considerados foram as cadeias de ordem variável.

As cadeias de ordem variável foram introduzidas, originalmente, em Rissanen (1983), onde foram denominadas fontes de memória finita ou máquinas de árvores. Rissanen chamou de contexto a parcela do passado necessária para

predizer o próximo símbolo. Como nenhum contexto pode ser representado como sufixo de outro contexto, é possível representar o conjunto de todos os contextos por uma árvore probabilística. Mais tarde, esses modelos também foram chamados de Cadeias de Markov de Ordem Variável (VLMC), termo que ficou popular na literatura estatística.

As cadeias de ordem variável são consideradas em diversas áreas. Para aplicações desses modelos em teoria da informação, recomendamos a leitura de Rissanen (1983). Modelagens de dados linguísticos, são apresentadas em Galves *et al* (2012) e em Moreira e Bomfim (2017). Para modelos meteorológicos de memória variável para prever a temperatura máxima em um determinado dia, recomendamos a leitura de Moreira e Quintino (2015).

Os algoritmos de estimação da árvore de contextos podem ser divididos em duas famílias. A primeira, deriva diretamente do Algoritmo Contexto, introduzido em Rissanen (1983), e se destaca por realizar a poda de uma árvore dita completa. Isto é, dada uma medida de discrepância para o ramo podado, é determinando se ele deve ser removido da árvore ou não. A segunda família de estimadores se baseia na máxima verossimilhança penalizada. Para cada árvore possível é calculado um critério que combina o ajustamento com a complexidade do modelo. Esse procedimento é derivado do Princípio da Descrição de Comprimento Mínimo (Minimum Description Length Principle - MDL). Neste trabalho, utilizamos essa abordagem por meio do Critério de Informação Bayesiana (Bayesian Information Criterion - BIC) para estimação da árvore de contextos propostas.

Podemos caracterizar a umidade relativa do ar em uma região como sendo a relação entre a quantidade de água presente no ar (medida em g/m^3) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura. Em nossa análise, consideramos medições diárias da umidade relativa do ar na cidade de Brasília correspondentes ao período de 1962 a 2018. Tais informações, podem ser acessados através do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), correspondentes à estação BRASILIA - DF (OMM:83377).

Através dos modelos propostos, calculamos a probabilidade de que em um determinado dia haja estado de emergência, estado de alerta, estado de atenção ou umidade mínima adequada para a saúde. Adicionalmente, fizemos um estudo comparativo da umidade relativa do ar em Brasília em diferentes períodos. Com isso, verificamos que houve uma mudança na umidade relativa de Brasília após os anos 2.000.

Este trabalho está dividido da seguinte forma: na Seção II, apresentamos as notações e conceitos básicos. Na Seção III, apresentamos a metodologia utilizada. Em seguida, na Seção IV, trazemos algumas informações sobre o clima de Brasília-DF. Seção V, apresentamos os modelos para prever a umidade relativa do ar mínima. Na Seção VI, propomos modelos de previsão da umidade relativa do ar para antes e depois dos anos 2000. Na Seção VII são expostas nossas considerações finais.

II. NOTAÇÕES E DEFINIÇÕES

Em Garcia e Moreira (2015) são apresentados as principais notações e conceitos associados às cadeias de ordem variável. Para a conveniência do leitor, trazemos algumas dessas definições nessa seção.

Considere o alfabeto $A = \{0, 1, \dots, N - 1\}$ com tamanho $|A| = N$. Dados dois inteiros $m \leq n$ denotamos a_m^n a sequência de símbolos $a_m a_{m+1} \dots a_n$ de A e A_m^n o conjunto de tais sequências. O comprimento da sequência será $l(a_m^n) = n - m + 1$. Caso $n < m$, $a_m^n = \emptyset$ e $l(a_m^n) = 0$.

O conjunto de todas as sequências semi-infinitas e o conjunto de todas as sequências de símbolos de tamanho finito são denotados, respectivamente, por A^∞ e \hat{A} .

Dadas duas sequências w e v , com $l(w) < +\infty$, denotamos por vw a sequência de comprimento $l(v) + l(w)$ obtida pela concatenação das duas sequências. Por exemplo, para $v = \dots v_{-n-2} v_{-n-1}$ e $w = w_{-n} \dots w_{-2} w_{-1}$, a sequência obtida pela concatenação de v e w será $\dots v_{-n-2} v_{-n-1} w_{-n} \dots w_{-2} w_{-1}$. Note que, para o caso em que $v = \emptyset$ obtêm-se $vw = \emptyset w = w$.

Uma sequência u é dita ser um *sufixo* de w se existir s , com $l(s) \geq 1$, tal que $w = su$ e será denotada por uw . Caso $u < w$ ou $u = w$, será denotado por $u \leq w$. Dada uma sequência finita w denotamos por $\text{suf}(w)$ o maior sufixo de w .

Um conjunto $T \in A^\infty \cup \hat{A}$ de sequências é uma árvore se nenhum $s_1 \in T$ for sufixo de algum $s_2 \in T$. Essa propriedade é chamada de *propriedade do sufixo*. Os elementos de T são chamados de *folhas* de T . Um *nó interno* é um sufixo de uma folha, e os *nós* representam o conjunto de todos os nós internos e folhas. Os descendentes de um nó interno s são todas as sequências as , $a \in A$, que são nós. Uma árvore T é completa se cada nó interno tem exatamente $|A|$ descendentes e é irredutível se nenhum $s \in T$ puder ser substituído por um sufixo de s sem violar a propriedade do sufixo.

Denotamos por $|T|$ a cardinalidade de T . Denotamos por $h(T)$ a profundidade da árvore T , ou seja,

$$h(T) := \max \{l(w) : w \in T\}. \quad (1)$$

Dizemos que a árvore T de contextos é *limitada* se $h(T) < +\infty$. Caso contrário, T é dita *ilimitada*. Dado um inteiro K , defina a árvore de contextos truncada no nível T_K por

$$T_k = \{w \in T : l(w) \leq K\} \cup \{w : l(w) = K \text{ e } w < u \text{ para algum } u \in T\}.$$

Ao longo desse trabalho consideramos o processo $X = \{X_t, t \in \mathbb{Z}\}$ estacionário e ergótico sobre o alfabeto $A = \{0, 1, \dots, N - 1\}$. Assumimos que o processo \mathbf{X} é compatível com a probabilidade de transição $p_X(\cdot | \cdot)$, ou seja,

$$p_X(a|w) = P(X_0 = a | X_{-1} = w_{-1}, X_{-2} = w_{-2}, \dots),$$

para todo $w \in A_{-\infty}^{-1}$ e para todo $a \in A$. Para $w \in A_{-j}^{-1}$ probabilidade estacionária do cilindro definida por essa sequência será denotada por

$$\mu_X(w) = P(X_{-j}^{-1} = w).$$

Definição 1 - Dizemos que uma sequência $w \in A_{-j}^{-1}$ é um *contexto* do processo \mathbf{X} se, para toda sequência semi-infinita $x_{-\infty}^{-1} \in A^\infty$ tendo w como sufixo, satisfazer

$$P(X_0 = a | X_{-\infty}^{-1} x_{-\infty}^{-1}) = p_X(a|w), \quad (2)$$

e nenhum sufixo de w satisfaz esta condição.

O conjunto de todos os contextos de um processo X é uma árvore irredutível. Essa árvore será chamada *árvore de contextos* de X . As duas definições a seguir tratam da classe de modelos que utilizamos neste trabalho. Definimos o conceito de árvore probabilística de contextos e quando um processo X é compatível com esse modelo.

Definição 2 - Uma árvore probabilística de contextos em A é um par ordenado (T, \bar{p}) que satisfaz:

- (1) T é uma árvore irredutível;
- (2) $\bar{p} = \{\bar{p}(\cdot | s) : s \in T\}$ é uma família de probabilidades de transição sobre A .

Definição 3 - Dizemos que o processo X é compatível com a árvore probabilística de contextos (T, \bar{p}) se satisfaz:

- (1) T é a árvore de contextos do processo X ;
- (2) Para qualquer $s \in T$ e $a \in A$, $p_X(a|s) = \bar{p}(a|s)$.

Considere X um processo tomando valores num alfabeto finito $A = \{0, 1, \dots, N - 1\}$. Seja X_1, X_2, \dots, X_n uma amostra aleatória do processo X . Para toda sequência finita w , com $l(w) \leq n$, denotamos por $N_n(w)$ o número de vezes que observou-se a sequência w na amostra, ou seja,

$$N_n(w) = \sum_{t=0}^{n-l(w)} 1_{Z_{t+1}^{t+l(w)}=w}. \quad (3)$$

Para todo elemento $a \in A$ e para toda sequência finita w , a probabilidade de transição empírica é dada por

$$\bar{p}_n(a|w) = \frac{N_n(wa) + 1}{N_n(w \cdot) + |A|}. \quad (4)$$

Observe que a definição de $\bar{p}_n(a|w)$ é conveniente, pois, é assintoticamente equivalente ao Estimador de Máxima Verossimilhança, que é $\frac{N_n(wa)}{N_n(w \cdot)}$, e evita-se uma definição adicional no caso $N_n(w \cdot) = 0$.

O conjunto de todas as sequências finitas s que aparecem ao menos uma vez na amostra é denotado por V_n .

Definição 4 - Uma árvore T é *factível* se satisfaz

- (1) $s \in V_n$, para todo $s \in T$;
- (2) Cada sequência $s' \in V_n$ é tal que $s' \leq s$ ou $s < s'$ para algum $s \in T$.

O conjunto de todas as árvores factíveis será denotado por F_n . O objetivo é estimar a árvore de contextos T_{X_b} a partir de uma amostra de X . Para tanto, devemos escolher uma árvore factível que se aproxime de T_X . Se $h(T_X) < 1$, então devemos escolher d de modo que $h(T_X) \leq d$ para que exista uma árvore factível que coincida com T_X . Para estimar T_X , não é necessário o conhecimento prévio da sua profundidade, portanto d pode ser uma função crescente de n .

III. METODOLOGIA

Neste trabalho, a estimação das árvores de contextos relativas ao conjunto de dados analisado foi o estimador BIC, proposto por Csiszár e Talata (2006). Este estimador seleciona uma árvore factível $T_0 \subset F_n$, que estime T_X considerando a função de verossimilhança da amostra e a complexidade da árvore. O objetivo é escolher T_0 de modo que a função de verossimilhança da amostra seja comparativamente alta, com respeito a modelos menos complexos. Para a conveniência do leitor, apresentamos o estimador BIC a seguir.

Definição 5 - Dada uma amostra aleatória X_1, X_2, \dots, X_n de uma cadeia ordem variável X , o Critério de Informação Bayesiana (BIC) para uma árvore factível T é definida como $BIC_T(X_1^n) = -\log ML_T(X_1^n) + |T| \log(n)$, em que c é uma constante real positiva e $ML_T(X_1^n)$ é o estimador de máxima verossimilhança, ou seja,

$$ML_T(X_1^n) = \prod \prod \prod p_n(a|s)^{N_n(s,a)}.$$

Ressaltamos que toda a programação foi feita no ambiente R de computação estatística (R Core Team, 2018).

IV. CLIMA EM BRASÍLIA-DF

Nesta seção trazemos algumas informações climáticas de Brasília-DF. Em particular, caracterizamos a umidade relativa do ar nessa cidade.

Na análise do clima consideramos fatores geográficos (sol, topografia, corpos d'água, ventos, vegetação, etc.) e elementos como a temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e evaporação. Para o estudo do clima urbano, consideramos também o possível impacto que o processo de urbanização pode causar nesses elementos climáticos.

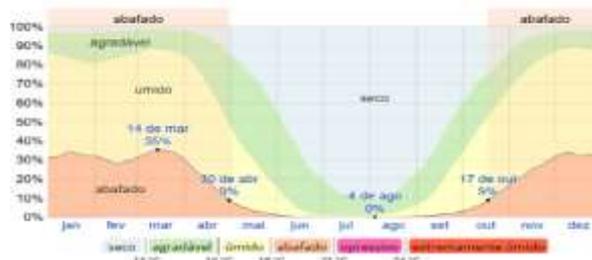
Brasília encontra-se no centro-oeste do território brasileiro, na latitude 16° sul e longitude 48° oeste a uma altitude média de 1100 metros em relação ao nível do mar. Quanto à classificação climática, Brasília possui um clima tropical de altitude que é caracterizado por grandes amplitudes diárias e duas estações bem definidas: quente e úmida no verão e seca no inverno.

Os dados de umidade relativa do ar são medidos através de um instrumento chamado Psicrômetro que faz a mensuração em decimais. Neste trabalho, categorizamos os dados de umidade mínima diária por meio de faixas, do seguinte modo:

- Acima de 30%: Umidade mínima adequada para a saúde;
- Entre 20% e 30%: estado de atenção;
- Entre 12% e 20%: estado de alerta;
- Abaixo de 12%: estado de emergência.

Na Figura 1 apresentamos a relação entre a umidade relativa do ar e o conforto respiratório para o Distrito Federal.

Figura 1 - Relação entre Umidade e Conforto Respiratório para o DF



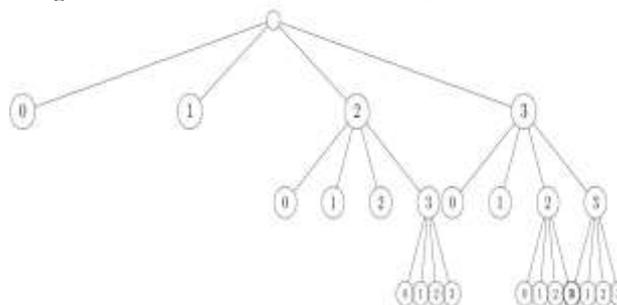
Fonte: www.weatherspark.com.

V. MODELOS PARA A UMIDADE RELATIVA DE MEMÓRIA VARIÁVEL

Nesta seção, propomos modelos de previsão para a umidade relativa do ar de memória variável para a cidade de Brasília-DF. Mais especificamente, a partir do histórico das umidades relativas mínimas diárias nessa cidade, calculamos a probabilidade de que em um determinado dia haja estado de emergência, estado de alerta, estado de atenção ou umidade mínima adequada para a saúde.

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água presente no ar (medida em g/m^3) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura. Nesse trabalho, consideramos medições de umidade relativa do ar correspondentes ao período de 1962 a 2018. Tais informações podem ser acessadas através do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para a estação BRASILIA - DF (OMM:83377).

Figura 2 - Árvore de Contextos estimada, 1962 a 2018



Fonte: Os autores.

Seja X uma cadeia de memória variável, estacionária e ergódica, que representa o estado da umidade relativa do ar mínima num dia em Brasília. Convencionamos que X assume os valores 0, 1, 2 e 3 se em um determinado dia houve estado de emergência, estado de alerta, estado de atenção ou umidade mínima adequada para a saúde, respectivamente.

Para estimar árvores de contextos associadas a X , optamos pelo estimador BIC, apresentado na Seção III. Baseados em Bomfim e Moreira (2016), escolhemos a constante de penalização com sendo igual a 0,13, em nossas aplicações desse estimador. Fixando a memória máxima do modelo como sendo três, obtemos, a partir dos dados, a árvore de contextos representada na Figura 2.

A partir das árvores de contextos podemos fazer interpretações simples do modelo proposto. Por exemplo, pela Figura 2, podemos afirmar que se em um determinado dia houve estado de emergência ou estado de alerta, essa informação é suficiente para prever o estado da umidade relativa do ar no dia seguinte. Porém, se houve estado de atenção ou umidade mínima adequada para a saúde

precisaríamos das informações do estado de umidade de dias anteriores para fazermos previsões.

Na Tabela 1, apresentamos as probabilidades de transição relativas à árvore apresentada na Figura 1. Por meio desta, podemos afirmar que se durante três dias consecutivos há umidade mínima adequada para a saúde (contexto 333), existe 95% de chance de que isso também ocorra (3) no dia seguinte. Além disso, a probabilidade de observarmos dois dias com estado de atenção (contexto 22) seguidos por um dia com estado de alerta (1) é de 8,9%. Interpretações semelhantes podem ser feitas para as demais entradas dessa tabela.

Tabela 1 - Probabilidades de Transição Estimadas

Contextos	Probabilidades de transição			
	0	1	2	3
0	0,048	0,333	0,286	0,333
1	0,021	0,079	0,325	0,575
02	0,111	0,111	0,333	0,444
12	0,016	0,119	0,325	0,54
22	0,002	0,089	0,359	0,55
032	0,167	0,167	0,167	0,5
132	0,038	0,101	0,329	0,532
232	0,006	0,086	0,309	0,6
332	0,002	0,045	0,21	0,743
03	0,1	0,3	0,3	0,3
13	0,014	0,077	0,344	0,566
023	0,143	0,143	0,143	0,571
123	0,014	0,127	0,423	0,437
223	0,003	0,071	0,331	0,595
323	0,001	0,038	0,22	0,741
033	0,167	0,167	0,333	0,333
133	0,008	0,063	0,313	0,617
233	0,002	0,041	0,234	0,722
333	0,001	0,005	0,044	0,95

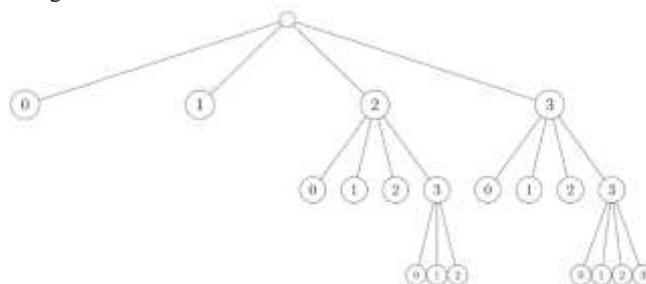
Fonte: Os autores.

VI. COMPARAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR ANTES E APÓS OS ANOS 2000

O crescimento urbano e a conseqüentemente a alteração do solo (impermeabilização da superfície e verticalização) pode provocar alterações no clima de uma região. Nesta seção, considerando o grande aumento da população de Brasília nas últimas duas décadas, fizemos um estudo comparativo da umidade relativa do ar em Brasília antes e após os anos 2000. Para tanto, estimamos as árvores de

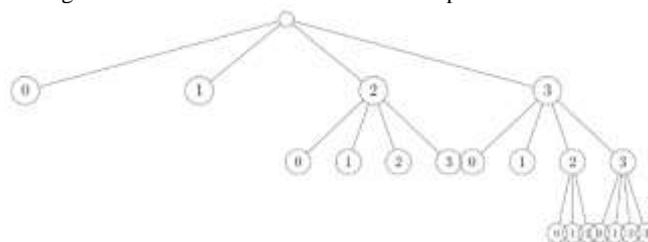
contextos associadas a esses dois períodos de tempo e as comparamos. As Figuras 3 e 4 trazem as árvores obtidas.

Figura 3 - Árvore de contextos estimada antes de 2.000



Fonte: Os autores.

Figura 4 - Árvore de contextos estimada após 2.000



Fonte: Os autores.

Observamos, a partir da Figura 3, que antes dos anos 2000, se havia um dia com estado de atenção (2) seguido por um dia com umidade mínima para a saúde (3), isso era suficiente para prever o que iria acontecer no dia seguinte. Por outro lado, pela Figura 4, vemos essa afirmação não é válida para o período posterior ao ano 2000, pois, neste caso temos que considerar mais um dia no histórico do processo para realizarmos uma previsão.

As Tabelas 2 e 3 trazem as probabilidades de transição correspondentes às Figuras 3 e 4, respectivamente. Vemos, pela Tabela 2, se observamos três dias com umidade mínima adequada para a saúde (contexto 333) a probabilidade de se ter estado de emergência (0) no dia seguinte é de 0,1%. Enquanto isso, a probabilidade de ter mais um dia com umidade adequada é de 95,1%. Esses resultados são razoáveis, uma vez que mudanças bruscas na umidade relativa do ar não são esperadas. Da Tabela 2, também podemos afirmar que se num determinado dia houve estado de emergência (contexto 0), isso é suficiente para prevermos o que acontecerá no dia seguinte. Em particular, a chance de que no dia seguinte também tenhamos estado de emergência é de 5,9%.

Pela Tabela 3, vemos que a probabilidade de termos um dia com estado de emergência (0), dado que no dia anterior também foi observado estado de emergência (0), é de 12,5%. Ou seja, a chance desse evento mais que o dobrou após os anos 2000.

Tabela 2 - Probabilidades de Transição Estimadas, anteriores a 2000

Contextos	Probabilidades de transição			
	0	1	2	3
0	0,059	0,412	0,353	0,176
1	0,018	0,091	0,312	0,58
02	0,111	0,111	0,333	0,444
12	0,022	0,146	0,337	0,494
22	0,002	0,098	0,378	0,522
032	0,05	0,1	0,367	0,483
132	0,009	0,091	0,307	0,593
232	0,002	0,05	0,208	0,74
03	0,167	0,333	0,167	0,333
13	0,018	0,104	0,35	0,528
23	0,001	0,046	0,249	0,704
033	0,2	0,2	0,2	0,4
133	0,011	0,056	0,337	0,596
233	0,003	0,042	0,23	0,725
333	0,001	0,003	0,045	0,951

Fonte: Os autores.

Tabela 3 - Probabilidades de Transição Estimadas, posteriores a 2000

Contextos	Probabilidades de transição			
	0	1	2	3
0	0,125	0,125	0,125	0,625
1	0,037	0,056	0,355	0,551
02	0,25	0,25	0,25	0,25
12	0,024	0,073	0,292	0,611
22	0,005	0,069	0,312	0,614
32	0,003	0,054	0,262	0,681
03	0,125	0,25	0,375	0,25
13	0,016	0,016	0,323	0,645
023	0,036	0,25	0,429	0,286
123	0,009	0,073	0,339	0,578
223	0	0,005	0,047	0,948
033	0,2	0,2	0,4	0,2
133	0,023	0,093	0,256	0,628
233	0,003	0,043	0,243	0,71
333	0	0,005	0,047	0,948

Fonte: Os autores.

VII. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, consideramos as cadeias de ordem variável para propormos modelos meteorológicos para a umidade relativa do ar mínima em Brasília-DF. Assim, o processo X que correspondia a umidade do ar mínima diária

toma valores no alfabeto $A = \{0, 1, 2, 3\}$. Para os modelos propostos, considerando medições diárias da umidade relativas o período de 1962 a 2018. Através dos modelos propostos, prevemos, com base em no máximo três dias do histórico do processo, a possibilidade de que em um determinado dia haja a umidade adequada para saúde, estar em estado de atenção, estado de alerta ou estado de emergência. Assim, os modelos de memória variável obtidos correspondem a árvore de contextos cuja profundidade é igual a três.

Adicionalmente, com base nos modelos propostos, verificamos que houve uma mudança na umidade relativa do ar da cidade de Brasília após os anos 2000, quando comparamos com o período anterior a essa data. Podemos afirmar, de modo geral, que a partir desse ano, para prever umidade relativa do ar mínima em um determinado dia, é necessário observar o que ocorreu em mais dias do que antes dos anos 2000. Esse aumento de “incerteza”, pode ser explicado pelo crescimento na emissão de monóxido de carbono no DF nas duas últimas décadas, causado por vários fatores, dentre eles o aumento da frota de veículos na região, aumento na densidade demográfica, aumento do desmatamento e da impermeabilização do solo.

Em trabalhos futuros, pretendemos obter modelos de previsão cujas correspondentes árvores de contexto têm profundidade maior que três. Isso representa um desafio do ponto de vista computacional, uma vez que com o incremento da profundidade da árvore, aumentamos o tempo computacional das simulações. Adicionalmente, pretendemos aplicar os modelos de contaminação apresentados em Garcia e Moreira (2015) no conjunto de dados de umidade relativa do ar que analisamos. Uma vez que esperamos, eventualmente, observar dados não compatíveis com o processo original, devido a falhas no instrumento de medida da umidade ou na posição geográfica na estação de coleta de dados. Outra proposta de trabalho seria obter modelos de previsão de umidade relativa do ar distintos para os períodos de estiagem e de chuva na cidade de Brasília. Assim, possivelmente, podemos obter previsões climáticas mais acuradas.

VIII. REFERÊNCIAS

- COLLET, P., GALVES A., LEONARDI, F., Random Perturbations of Stochastic Processes with Unbounded Variable Length Memory. **Electron. J. Probab.** 13(538). 2008.
- CSISZÁR, I., TALATA, Z. (2006). Context tree estimation for not necessarily finite memory processes, via BIC and MDL, **IEEE Trans. Inform. Theory** 52(3): 1007-1016.
- GALVES, A., LEONARDI, F., Exponential inequalities for empirical unbounded context trees. **Progress in Probability** 60. Birkhauser: 257–70.2008.
- GARCIA, N. L., MOREIRA, L., Stochastically Perturbed Chains of Variable Memory, **Springer**, New York, 2015.
- MOREIRA, L., BOMFIM, A. B. A., Desempenho de Estimadores de árvores de Contextos. **Revista Sodebras [on line]**. v. 11 n.132, p. 207–211, 2016.
- MOREIRA, L., BOMFIM, A. B. A., Estudo comparativo entre o português brasileiro e europeu: uma aplicação de árvores de Contexto. **Revista Sodebras [on line]**. v. 12 n. 136, p. 176–181, 2017.

MOREIRA, L., QUINTINO, F. S., Cadeias de Ordem Variável Estocasticamente Perturbadas: Aplicações a Dados Climáticos. **Revista Sodebras [on line]** v. 10 n.117, p.141–146, 2015.

RISSANEN, J., A Universal Prior for Integers and Estimation by Minimum Description Length. **The Annals of Statistics** **11** (2): 416–431, 1983. BAIGORRI, A. R., GONÇALVES, C.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 19/03/2019

Aprovado em: 27/09/2019

SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO ASSISTIDO DE IMPLANTES DENTÁRIOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA E ANÁLISE DE CONTEÚDO

SUPPORT THE DECISION-MAKING IN THE PROCESS OF DENTAL IMPLANT: A REVIEW AND CONTENT ANALYSIS

SABRINA TINFER¹; OSIRIS CANGIGLIERI JUNIOR¹; ANDERSON LUIZ SZEIJKA¹; MARCELO RUDEK¹
1 – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

sabrina.tinfer@pucpr.edu.br, osiris.cangiglieri@pucpr.br, anderson.szejka@pucpr.br, Marcelo.rudek@pucpr.br

Resumo – Equipes multidisciplinares aumentam as chances de sucesso em processos de implantes dentários, pois há interação de diversas áreas do conhecimento. Para se posicionar cientificamente é necessário buscar informações relevantes na literatura disponível em diversas bases de dados apresentadas no portal de periódicos brasileiros (Portal CAPES) analisando o conteúdo dos artigos através da definição de parâmetros de pesquisa, busca no banco de dados, seleção de artigos, definição de métodos de inclusão e exclusão, identificação dos trabalhos marcos do processo e analisando contribuições e limitações de cada autor. Com esta revisão da literatura é possível identificar pontos importantes no processo de implantes dentários identificando novas oportunidades de pesquisa. Como trabalhos futuros existem alguns pontos para explorar, caracterizando principalmente a necessidade do desenvolvimento de um método/sistema que englobasse as principais variáveis do processo de implante dentário de maneira conjunta, como a estrutura óssea e a dimensão da falha para assim apoiar a decisão do cirurgião.

Palavras-chave: Implante Dentário. Engenharia. Apoio a decisão.

Abstract - Multidisciplinary teams increase the chances of success in dental implant processes, as there is interaction between different areas of knowledge. To position yourself scientifically, it is necessary to search for relevant information in the literature available in several databases presented on the portal of Brazilian journals (Portal CAPES) analyzing the content of the articles through the definition of search parameters, search in the database, selection of articles, definition of inclusion and exclusion methods, identification of the landmark works of the process and analyzing contributions and limitations of each author. With this review of the literature, it is possible to identify important points in the dental implant process, identifying new research opportunities. As future work there are some points to explore, mainly characterizing the need to develop a method / system that encompasses the main variables of the dental implant process in a joint way, such as the bone structure and the dimension of the failure to support the surgeon's decision .

Keywords: Dental Implant. Engineering. Support Decision. Product Development Process.

I. INTRODUÇÃO

Ao decorrer da vida, muitas pessoas perdem seus dentes, seja por acidentes ou longevidade, surgindo a necessidade de proporcionar tratamentos odontológicos e melhor qualidade de vida aos pacientes. O embasamento de

meios para que os procedimentos de implantes dentários sejam simplificados pode proporcionar uma nova chance para as pessoas que vieram a perdê-los.

Os implantes dentários fazem parte de dispositivos médicos sendo fabricados de titânio, ou liga de titânio com superfície modificada. Eles são inseridos nos ossos da maxila para atuar como uma "raiz artificial" e emergem da gengiva e sustentam um dente ou elemento protético. Os implantes dentários são utilizados para apoiar e / ou estabilizar diferentes tipos de próteses dentárias removíveis destinadas a substituir os dentes (CHELAHI CHIKR, 2020).

No momento atual, os implantes dentários são considerados como tratamento de escolha para reabilitação de indivíduos parcial ou totalmente edêntulos. Ademais, o sucesso do tratamento com implantes depende das variáveis de cada paciente, por exemplo, como o volume e estrutura óssea (DAYUBE, 2019).

O posicionamento tridimensional do implante está também intimamente ligado ao sucesso do resultado estético das reabilitações implanto suportadas. Dentre os critérios considerados para o sucesso de reabilitações com implantes dentais, está o estabelecimento de tecidos moles com adequado contorno e o perfil gengival. A região dos dentes anteriores superiores é uma região de grande atenção no momento da reabilitação, devido ao elevado comprometimento estético. Esta região, muitas vezes, é bastante vulnerável ao acometimento traumático, em que se podem perder estes elementos dentais de forma irreversível (TABUSE, 2014).

A equipe multidisciplinar faz com que a melhor decisão não seja baseada exclusivamente em um profissional, porém com o avanço das informações é possível aliar a experiência do profissional a sistemas automatizados com intuito de encontrar a melhor solução para o paciente. Planejar o sistema de implante dentário é fazer com que os erros sejam minimizados, oferecendo subsídios suficientes para a tomada de decisão. Há evidências de estudos relacionados com a interação das áreas de saúde e engenharia para oferecer melhores subsídios aos cirurgiões e inclusive (HECKMANN, 2006) alguns problemas e limitações incluindo desajuste da prótese, afrouxamento, fratura nos componentes que podem ser embasados através de processamento de imagens, estudo

das dimensões e estruturas dentárias, medição e planejamento cirúrgico. Com abordagem em atividades relacionadas à observação de mordida, dimensão do dente e processamento de imagem, analisando inclusive densidade óssea e tipos de mucosa tornando possível contribuir à sociedade científica. Com a velocidade em que a tecnologia avança, o setor de softwares proporciona uma simulação cada vez mais próxima das condições encontradas no corpo humano. Na medicina, é possível encontrar aplicações de engenharia computacional auxiliando, por exemplo, nos processos de cirurgias e mapeando os sistemas do paciente. Para tornar o processo de diagnóstico mais preciso e seguro, é imprescindível a integração entre as áreas de saúde e engenharia, promovendo a crescente precisão dos dispositivos médicos (SZEJKA, 2013).

Atualmente com a utilização de sistemas é possível chegar mais próximo da realidade dos pacientes, mostrando os quesitos de estética, funcionalidade, e análise de requisitos técnicos. Todo sistema de cirurgia assistida por computador tem como objetivo principal a garantia do máximo de segurança com base no correto diagnóstico e alta precisão no planejamento cirúrgico (DREISEIDLER, 2009). A visualização tridimensional da anatomia do paciente é muito importante para o sucesso do procedimento, portanto analisar os requisitos pré-cirúrgicos e efetuar o planejamento minimiza as durações cirúrgicas e eventuais complicações que possam surgir. Buscar na literatura os trabalhos relevantes ao tema demonstra em que condições estão os sistemas e métodos que podem contribuir para o apoio a estes profissionais.

Este artigo tem como objetivo buscar referências bibliográficas marcantes para o processo de implantes dentários, identificando as contribuições e limitações para se posicionar cientificamente e verificar como os profissionais embasam suas decisões, identificando oportunidade de pesquisa.

II. MÉTODO

Essa pesquisa é de natureza aplicada, possui uma abordagem qualitativa, pois se preocupa, com aspectos das realidades, centrando-se na compreensão e entendimento dos porquês de determinados comportamentos, com objetivos científicos exploratórios, e seus procedimentos técnicos compostos por uma revisão da literatura.

Esta revisão é fundamentada para que os sistemas de informação em conjunto com a engenharia possam oferecer elementos suficientes à tomada de decisão, voltada à definição de suporte ao processo de implantes dentários. A revisão é um método de avaliação crítica e interpretação de pesquisas relevantes disponíveis para uma questão individual, área de conhecimento ou fenômeno de interesse (BUEHLER, 2012).

A revisão da literatura consistiu em identificar o estado da arte escolhendo parâmetros que foram analisados, a escolha das palavras-chave e a realização da combinação em pares de palavras. Posteriormente, foram realizadas busca dos artigos no portal CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), analisando o vínculo com o objeto da pesquisa, e por fim a realização da leitura do material selecionado analisando o conteúdo e gerando conhecimento (CAPES, 2019). O estudo teve como base conceitual os trabalhos desenvolvidos por Mattioda *et al.* (2015), Szejka *et al.* (2017), Teixeira e Cancigliieri Junior (2019) e Uemura Reche *et al.* (2020).

Para a definição das palavras-chave primeiramente foram estruturados os parâmetros com foco principal no implante dentário e pontos importantes como o modelo de produto (MP) e ferramentas de apoio a tomada de decisão, isto é, foram realizadas as relações entre implante dentário e MP, entre implante dentário e as ferramentas apoio a tomada de decisão utilizadas pelos cirurgiões como ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Parâmetros de Pesquisa



Fonte: Os autores.

Ao identificar os parâmetros iniciais de pesquisa surgiu à necessidade de definir as palavras-chave, etapa importante no processo sistemático, que delimitam as condições de busca, portanto, foram definidas as palavras-chave através de uma busca preliminar com utilização das palavras-chave “implante dentário” e “planejamento”. Listaram-se as palavras-chave utilizadas pelos autores e realizaram-se testes de combinações para a definição. Muitas palavras tinham o mesmo significado, então estas foram unidas e categorizadas em cada parâmetro para que a busca fosse mais precisa, devendo apresentar resultados que proporcionassem compreensão do assunto estudado.

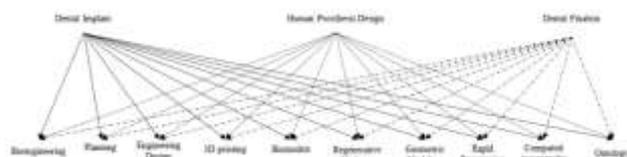
Tabela 1 – Parâmetros de Pesquisa

Parâmetro do Portal CAPES	Especificação Utilizada	Objetivo
Conjunto de palavras	Duas palavras por vez	Combinados de acordo com os parâmetros de pesquisa
Data de publicação	Qualquer ano	Demonstrar o comportamento do assunto no decorrer dos anos
Tipo de Material	Artigos	Tratava de pesquisa bibliográfica e foi realizada com artigos com conteúdo científico
Idioma	Inglês	Melhorar alcance dos resultados;
Revisão por pares	Sim	Melhorar refinamento da busca.

Fonte: Os autores.

Então as combinações das palavras-chave seguiram os parâmetros definidos na figura 1, ou seja, cada palavra do “implante dentário” foi relacionada com cada palavra do “Modelo de Produtos”, posteriormente o “implante dentário” com as “Ferramentas de apoio a tomada de decisão”. As relações podem ser conferidas na figura 2.

Figura 2 – Combinação de Palavras-chave



Fonte: Os autores.

Através dos parâmetros e combinações já definidos, foi possível realizar a busca por artigos científicos no portal CAPES. Este primeiro processo gerou 4922 resultados. Os artigos selecionados foram os que abordavam o implante dentário como tema principal no título e/ou resumo e o procedimento de implantodontia, resultando em 176 artigos. Posteriormente foram retirados os repetidos, resultando em 152 artigos, então os títulos e resumos reavaliados criteriosamente com os mesmos critérios anteriores e resultaram em 139 artigos seguimento da revisão.

Para dar continuidade no processo sistemático, para que os artigos que não abrangessem um universo maior que a área da pesquisa foram definidos critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos artigos conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de inclusão	Critérios de Exclusão
O implante dentário ser considerado como tema principal do artigo;	Não constar informações relacionadas aos implantes dentários;
Constar informações relevantes ao planejamento cirúrgico do implante dentário;	Constar informações relacionadas exclusivamente aos procedimentos médicos;
Constar informações referente a revisão sistemática da literatura em procedimentos odontológicos;	Fator de impacto (JCR) < 1;
Fator de impacto (JCR) >=1;	Scimago Journal ranking (SJR) < 1;
Scimago Journal ranking (SJR) >=1.	Artigos em idioma diferente do inglês

Fonte: Os autores.

Com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foram selecionados 47 artigos, que representam 0,60%, mostrando uma oportunidade para o desenvolvimento da pesquisa, que estão inseridos no tema do assunto desta pesquisa e podem ser considerados referenciáveis ao processo de implantes dentários. Desta maneira o processo de filtragem da revisão sistemática ocorreu em cinco fases sendo elas i) pesquisa no portal capes: 4922 resultados, ii) seleção a partir do título e resumo: 176 resultados, iii) retirada dos itens repetidos: 152 resultados, iv) análise de título e resumo: 139 artigos, e v) critérios de inclusão e exclusão: 47 artigos, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Os autores.

Na imagem é possível identificar que no detalhe (A) representa a quantidade de artigos resultantes no processo de pesquisa no portal, no detalhe (B) foram retirados os repetidos, no detalhe (C) foram avaliados os títulos e resumos, no detalhe (D) foram avaliados os fatores de inclusão e exclusão e por fim no detalhe (E) as contribuições e limitações.

Foi possível identificar que alguns pares de palavras resultaram numa maior quantidade de resultados significativos conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 – Resultado por combinação de palavras-chave

Combinação	Artigos Selecionados	Representatividade
Dental Implant+Biomodels	5	10,64%
Dental Implant+Bioengineering	5	10,64%
Dental Implant+3D Printing	4	8,51%
Dental Implant+Computed tomography	4	8,51%
Dental Implant+Planning	3	6,38%
Dental Implant+Engineering Design	3	6,38%
Human Prosthesis Design+3D Printing	3	6,38%
Human Prosthesis Design+Regenerative Medicine	3	6,38%
Dental fixation+Bioengineering	3	6,38%
Dental fixation+Engineering Design	2	4,26%
Dental fixation+Regenerative Medicine	2	4,26%
Dental Implant+Geometric Modeling	2	4,26%
Dental fixation+Rapid Prototyping	1	2,13%
Human Prosthesis Design+Geometric Modeling	1	2,13%
Human Prosthesis Design+Computed tomography	1	2,13%
Dental Implant+Regenerative Medicine	1	2,13%
Human Prosthesis Design+Planning	1	2,13%
Dental fixation+Planning	1	2,13%
Dental fixation+Geometric Modeling	1	2,13%
Human Prosthesis Design+Biomodels	1	2,13%

Fonte: Os autores.

Portanto após os 47 artigos selecionados, busca-se o estado da arte através da análise de conteúdo, buscando gerar maior conhecimento em relação ao tema.

III. ANÁLISE DE CONTEÚDO

Ao resultar em 47 artigos relevantes ao estudo as análises visaram à identificação de informações que demonstrassem condições importantes. Com a análise dos artigos no decorrer dos anos foi possível identificar que desde o ano 2000 há publicações referentes ao tema até o ano de 2017. A figura 4 mostra o comportamento das publicações no decorrer dos anos e a linha de tendência dos dados, mostrando a importância do assunto abordado e também que há possibilidade de expansão e a não saturação do tema.

Figura 4 – Distribuição dos artigos por ano de publicação



Fonte: Os autores.

Analisando os artigos selecionados no cenário mundial, verificou-se que as pesquisas com os requisitos de seleção desta revisão sistemática concentram-se em dois locais, onde dezoito artigos foram publicados nos Estados Unidos, Dezessete no Reino Unido, dez nos Países baixos, um na Alemanha e um no Egito, mostrando que os principais estudos estão concentrados na Europa.

Para a definição do estado da arte é necessário analisar o conteúdo, o qual é uma metodologia utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe (MORAES, 1999). Para esta análise de conteúdo foram definidas algumas etapas conforme descritas a seguir:

- ✓ Análise de requisitos: caso algum artigo não atenda pelo menos um dos requisitos será retirado deste processo.
- ✓ Análise crítica das referências; análise dos autores referenciados pelos artigos selecionados.
- ✓ Contribuições e limitações: Análise das contribuições e limitações de cada artigo.
- ✓ Análise crítica das revistas: Análises das revistas em que os artigos foram publicados.

Análise de requisitos:

Para a análise de conteúdo foram utilizados como tópicos os parâmetros de pesquisa, ou seja, se o modelo de produto está inserido no processo de implantes dentários e também em quais as ferramentas que apoiam a decisão do cirurgião dentista, já os subtópicos foram identificados como as variáveis que foram abordadas nos artigos resultantes da revisão sistemática, listados conforme a tabela 4.

Após o desenvolvimento dos requisitos de análise, verificou-se que algumas pesquisas ainda não estavam em conformidade com as necessidades pré-estipuladas, não atendendo no mínimo um dos critérios de análise, então foram retirados das análises posteriores resultando em 13

pesquisas para a apresentação dos resultados, demonstrados na tabela 5.

Com estes dados é possível identificar que 12 dos 16 artigos abordam conhecimentos sobre modelo de produtos com foco em implante dentário e 13 dos 16 levam em consideração, variáveis que apoiam o cirurgião na execução das suas atividades. Com isso foi possível certificar que 13% atendem apenas um dos requisitos, 31% atendem dois requisitos simultaneamente. O segmento de modelo de produtos está, muitas vezes, implícito dentro do processo de implantes dentários, mas mostra significância no processo, pois é através do de novos produtos que é possível alcançarem novos métodos de trabalho. O apoio à decisão proporciona a identificação de quais informações são relevantes e que impactam na decisão dos profissionais.

Tabela 4 – Critérios de Análise

Tópico	Subtópicos	Sigla	Objetivo da classificação
Modelo de produto com foco no implante dentário	Sim	T(I)	O artigo apresenta um modelo de produto com foco no implante dentário
	Não	T(II)	O artigo não apresenta um modelo de produto com foco no implante dentário
Ferramentas que apoiam a tomada de decisão do cirurgião dentista	Tomografia computadorizada	T(III)	O artigo aborda informações relevantes a tomografia computadorizada que podem embasar o conhecimento do cirurgião
	Dimensão da falha	T(IV)	O artigo leva em consideração a dimensão da falha dentária
	Estrutura Óssea	T(V)	O artigo leva em consideração a estrutura óssea do paciente
	Sistema Computacional	T(VI)	O artigo apresenta algum sistema computacional que possa auxiliar o cirurgião dentista no processo de implantes dentários

Fonte: Os autores

Análise crítica das referências:

Analisando as referências bibliográficas dos dezesseis artigos, foi possível identificar que houve 2417 referências, sendo estas escritas por um ou mais autores e estes dados foram contabilizados para análise dos autores que mais representam no tema em questão. No total foram citados 1735 autores diferentes, porém alguns foram mais representativos e serão listados na tabela 6, neste caso serão listados os autores que foram citados em pelo menos três artigos distintos dos 16 artigos selecionados.

O intuito da análise das referências era identificar os autores que eram mais citados, porém foi possível identificar que este tipo de informação não representava a realidade de qual autor mais impactava na sociedade científica do termo abordado. Então as análises foram feitas com base na quantidade variada de artigos que citaram determinado autor, e com isto foi identificado que “Lekholm U.” foi citado em seis dos treze artigos e os demais conforme a tabela 6.

Tabela 5 – Requisitos de Análise

Nº	Ano	Autores	Título	Modelo de Produto aplicado em Implantes Dentários		Suporte a decisão no processo de Implantes Dentários			
				T(I)	T(II)	T(III)	T(IV)	T(V)	T(VI)
1	2009	Fleischmannova, J; Matalova, E; Sharpe, PT; Misek, I; Radlanski, RJ.	Formation of the Tooth-Bone Interface	✓				✓	
2	2009	Lin, D; Li, Q; Li, W; Duckmanton, N; Swain, M.	Mandibular bone remodeling induced by dental implant	✓			✓	✓	✓
3	2010	Chen, XJ; Yuan, JB; Wang, CT; Huang, YL; Kang, L.	Modular Preoperative Planning Software for Computer-Aided Oral Implantology and the Application of a Novel Stereolithographic Template: A Pilot Study	✓					✓
4	2010	Ribeiro-Rotta, RF; Lindh, C; Pereira, AC; Rohlin, M.	Ambiguity in bone tissue characteristics as presented in studies on dental implant planning and placement: a systematic review		✓		✓	✓	
5	2010	Bardyn, T; Gedet, P; Hallermann, W; Buchler, P.	Prediction of dental implant torque with a fast and automatic finite element analysis: a pilot study	✓				✓	✓
6	2011	Naitoh, M; Hayashi, H; Tsukamoto, N; Arijii, E.	Labial bone assessment surrounding dental implant using cone-beam computed tomography: an in vitro study	✓				✓	✓
7	2011	Wakimoto, M; Matsumura, T; Ueno, T; Mizukawa, N; Yanagi, Y; Iida, S	Bone quality and quantity of the anterior maxillary trabecular bone in dental implant sites		✓	✓	✓	✓	
8	2012	Kim, G; Lee, J; Seo, J; Lee, W; Shin, Y-G; Kim, B.	Automatic Teeth Axes Calculation for Well-Aligned Teeth Using Cost Profile Analysis Along Teeth Center Arch	✓		✓	✓		
9	2012	Neves, FS; Vasconcelos, TV; Campos, PSF; Haiter-Neto, F; Freitas, DQ.	Influence of scan mode (180 degrees/360 degrees) of the cone beam computed tomography for preoperative dental implant measurements	✓		✓			
10	2015	Monaco, C; Evangelisti, E; Scotti, R; Mignani, G; Zucchelli, G.	A fully digital approach to replicate peri-implant soft tissue contours and emergence profile in the esthetic zone	✓					✓
11	2015	Luangchana, P; Pornprasertsuk-Damrongsri, S; Kiattavorncharoen, S; Jirajariyavej, B.	Accuracy of Linear Measurements Using Cone Beam Computed Tomography and Panoramic Radiography in Dental Implant Treatment Planning	✓				✓	✓
12	2015	Romero, L; Jimenez, M; Espinosa, MD; Dominguez, M.	New Design for Rapid Prototyping of Digital Master Casts for Multiple Dental Implant Restorations	✓					✓
13	2016	Cheng, Y-C; Lin, D-H; Jiang, C-P; Lin, Y-M.	Dental implant customization using numerical optimization design and 3-dimensional printing fabrication of zirconia ceramic	✓					

Fonte: Os autores.

Tabela 6 – Critérios de Análise

Artigos		Referências										Total Geral	Total de Artigos		
		Chen <i>et al.</i> (2010)	Lin <i>et al.</i> (2009)	Bardyn <i>et al.</i> (2010)	Kim <i>et al.</i> (2012)	Neves <i>et al.</i> (2012)	Monaco <i>et al.</i> (2015)	Ribeiro Rotta <i>et al.</i> (2010)	Naitoh <i>et al.</i> (2011)	Wakimoto <i>et al.</i> (2011)	Cheng <i>et al.</i> (2016)			Fleischmannova <i>et al.</i> (2009)	Romero <i>et al.</i> (2015)
1	Lekholm U		1	1		1	10	1	1					15	6
2	Van Steenberghe D			1		1	5		1	1				9	5
3	Horner K		1			1	1		1				1	5	5
4	Lang NP	1	1				1							4	4
5	Lindh C					1	7		4				1	13	4
6	Petersson A					3	4		1				1	9	4
7	Turkyilmaz I			1	1		5		1					8	4
8	Jemt T						7	1	1					9	3
9	Meredith N			2			2		1					5	3
10	Bernard JP		1				2						1	4	3
11	Belser UC		1				1	1						3	3
12	Arijii E							5	1				1	7	3
13	Grondahl K					3	3						1	7	3
14	Naitoh M							5	1				1	7	3

15	Zarb GA	1		5	1		7	3	
16	Herrmann I		1	4	1		6	3	
17	Jacobs R	1	2	2			5	3	
18	Klinge B		2	2			1	5	3
19	Neugebauer J		1		1		2	4	3
20	Collaert B		1	1			1	3	3
21	Ekestubbe A		1	1			1	3	3
22	Mischkowski RA		1		1		1	3	3
23	Suetens P	1	1		1		3	3	
24	Tarnow D			1	1		1	3	3
25	Zoller JE		1		1		1	3	3

Fonte: Os autores

Contribuições e limitações dos artigos
Nesta etapa foi realizada a análise crítica dos 16 artigos selecionados, identificando as contribuições e limitações de cada artigo em ordem cronológica. Com estas informações

foi possível finalizar a análise de conteúdo e identificar pontos importantes a serem estudados a fim de embasar este estudo, conforme demonstrado na tabela 7.

Tabela 7 – Contribuições e Limitações

Pesquisa		Comentários
1	Fleischmannova <i>et al.</i> (2009)	Contribuição: Resume os aspectos homeostáticos do desenvolvimento e tecidos de interface dente-osso contribuindo com a demonstração do entendimento clínico das relações dos dentes naturais com o osso alveolar e posterior padrões de absorção, sendo desafiador para reparar dentes ou estruturas periodontais, Limitação: Utilização apenas de aspectos de análise óssea, não avaliando quesitos da mucosa, dimensão da falha ou um sistema que ajude o cirurgião no processo de implantes
2	Lin <i>et al.</i> (2009)	Contribuição: Desenvolveu um protocolo sistemático para avaliar o remodelamento ósseo mandibular induzido pela implantação dentária que estende os algoritmos de remodelação estabelecidos para os ossos longos em configurações dentárias, auxiliando no processo de tomada de decisão por parte do cirurgião e também o processamento de imagens. Limitação: Não há modelagem da perda óssea o que dificulta o estudo neste aspecto.
3	Chen <i>et al.</i> (2010)	Contribuição: Apresentação de um novo guia cirúrgico projetado através da utilização de software modular e fabricado através de estereolitografia usando tanto a varredura a laser quanto a tomografia computadorizada, assim torna-se possível melhorar a precisão e confiabilidade do ajuste contribuindo de modo significativo para a pesquisa devido a utilização de CAD/CAM para a simulação do implante, utilização de software de planejamento cirúrgico e análise de implantes múltiplos. Limitação: Apesar deste software ser importante para a área de implantes dentários o fato de não atuar nas plataformas Windows, MAC e Linux dificulta a implantação, pois estas plataformas são as mais utilizadas pela população.
4	Ribeiro Rotta <i>et al.</i> (2010)	Contribuição: Identifica definições de características do tecido ósseo e métodos de avaliação em estudos de planejamento e colocação de implantes dentários apresentando uma revisão sistemática da literatura e abordando as descrições das características da qualidade, densidade e quantidade óssea analisadas antes e durante o procedimento sendo de grande importância para o cirurgião. Limitação: As análises não são suficientes para a melhor tomada de decisão, pois abordam as análises de estrutura óssea, não levando em consideração a dimensão da falha ou um sistema que possa embasar a decisão do cirurgião.
5	Bardyn <i>et al.</i> (2010)	Contribuição: Desenvolveu uma nova técnica para ajudar os clínicos a avaliar a estabilidade de implantes dentários auxiliando as decisões do cirurgião. Limitação: As análises são realizadas através da utilização de elementos finitos, voltado a estrutura do implante, porém não aborda a análise de mais variáveis, não proporcionando uma análise completa para embasar o cirurgião.
6	Naitoh <i>et al.</i> (2011)	Contribuição: estimou a mínima espessura do osso labial em torno dos implantes dentários através de processamento de imagens, demonstrando o método de análise da imagem de tomografia computadorizada e o procedimento para a realização da cirurgia dentária. Limitação: Esta pesquisa é voltada mais a análise de engenharia e ao procedimento, deixando implícito o apoio a decisão do cirurgião.
7	Wakimoto <i>et al.</i> (2011)	Contribuição: estudou a quantidade óssea e a qualidade nos locais de implante na maxila anterior usando imagens de tomografia computadorizada levando em consideração o processamento das imagens e auxiliando o cirurgião nas suas decisões. Limitação: Aborda somente as questões ósseas e estas não são suficientes para a melhor decisão, pois não leva em consideração a dimensão da falha, análise da mucosa.
8	Kim <i>et al.</i> (2012)	Contribuição: Desenvolveu um método de cálculo automático de eixos de dentes individuais garantindo a precisão dos eixos, fazendo com que o desenvolvimento deste procedimento seja melhor embasado e as chances de erro do cirurgião sejam minimizadas. Limitação: Este método pode não ser suficiente para o processo de implantes dentários múltiplos ou em locais onde não haja dentes defeituosos.
9	Neves <i>et al.</i> (2012)	Contribuição: Avaliou o efeito do modo de varredura da tomografia computadorizada do feixe de cone nas medidas pré-operatórias do implante dentário, deste modo possuía as medidas reais para o processo de planejamento do implante através do processamento de imagens. Limitação: Utilização apenas do modo de varredura, porém não especifica um método ou sistema que possa auxiliar o cirurgião levando em consideração a estrutura óssea ou dimensão da falha.

Pesquisa		Comentários
10	Monaco <i>et al.</i> (2015)	Contribuição: Desenvolveu uma nova técnica digital para ter a impressão do tecido neutro peri-implante com um scanner intraoral, capturando digitalmente a posição tridimensional da plataforma do implante, as partes coronal e gengival da restauração provisória retida simulando o processo, o sistema de fixação e os tipos de broca. Limitação: Apesar do sistema ser amplo e possuir um processo interessante, ele aborda apenas implante único.
11	Luangchana <i>et al.</i> (2015)	Contribuição: investigou a precisão das medidas lineares a partir de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico e radiografias panorâmicas digitais em vários locais dos implantes. As análises foram realizadas por meio de software para a medição e planejamento do implante. Limitação: Avaliado apenas as medidas ósseas, não sendo suficiente para a melhor decisão do cirurgião, pois outras variáveis não são analisadas.
12	Romero <i>et al.</i> (2015)	Contribuição: Propõe a substituição de todos os dispositivos físicos utilizados na fabricação de próteses convencionais através do uso de ferramentas digitais, como escaneadores 3D, software de design CAD, arquivos de implantes 3D, máquinas de prototipagem rápida ou software de engenharia reversa, podendo contribuir com a pesquisa devido ao processamento de dados e implantes dentários múltiplos. Limitação: Pesquisa abordando principalmente procedimento de como colocar o implante, não sendo um método que aborde as análises de tomografia, dimensão da falha no embasamento das melhores decisões do cirurgião.
13	Cheng <i>et al.</i> (2016)	Contribuição: propõe uma nova metodologia para a customização de implantes dentários consistindo em otimização geométrica numérica e fabricação de impressão em três dimensões de cerâmica de zircônia, analisando variáveis importantes no processo, como, passo da rosca, diâmetro máximo do pescoço do implante, tamanho do corpo, densidade óssea, a espessura cortical do osso e a não-desoinintegração. Limitação: Nas análises destas variáveis há bastante relação com as propriedades mecânicas, importante ponto para o embasamento, porém não é suficiente para a tomada de decisão.

Fonte: Os autores.

Análise crítica das revistas

Nesta etapa foram avaliadas e catalogadas as revistas em quais os artigos foram publicados, avaliando quais delas tinham mais impacto no assunto em questão, conforme demonstrado na tabela 8.

Tabela 8 – Impacto das revistas

Revista	Fator de Impacto	Quantidade de Artigos	Quantidade relativa de artigos
Journal of dental research	4.755	1	7,69%
Clinical oral implants research	3.624	5	38,46%
Ieee transactions on biomedical engineering	3.577	1	7,69%
Clinical implant dentistry and related research	2.939	1	7,69%
Plos one	2.806	2	15,38%
Journal of biomechanics	2.664	1	7,69%
International journal of oral & maxillofacial implants	2.263	1	7,69%
Oral surgery oral medicine oral pathology oral radiology and endodontology	1.457	1	7,69%

Fonte: Os autores.

Analisando os resultados da revisão sistemática da literatura, bem como a análise de conteúdo, foi possível identificar que há estudos voltados aos mais diferentes segmentos de pesquisa, porém estes segmentos são analisados de modo individual, ou seja, alguns autores analisam o processamento de imagens, outros a dimensão da

falha ou sistema de planejamento cirúrgico, entretanto não houve êxito na busca de um método ou modelo que avaliasse um número grande de variáveis e pudesse proporcionar as condições exclusivas de embasamento das decisões do cirurgião.

IV. RESULTADOS

Analisando os resultados da revisão sistemática da literatura, bem como a análise de conteúdo, foi possível identificar que há estudos voltados aos mais diferentes segmentos de pesquisa, porém estes segmentos são analisados de modo individual, ou seja, alguns autores analisam o processamento de imagens, outros a dimensão da falha ou sistema de planejamento cirúrgico, entretanto não houve êxito na busca de um método ou modelo que avaliasse um número grande de variáveis e pudesse proporcionar as condições exclusivas de embasamento das decisões do cirurgião.

O estudo apresentou limitações importantes, como a utilização exclusiva de material disponibilizado no Portal CAPES, bem como cada autor abordar determinada característica do processo de implantes dentários, não sendo possível ter uma visão ampla das principais características num mesmo estudo.

Com intuito de garantir o melhor embasamento ao cirurgião surge a necessidade de propor um método conceitual, através do desenvolvimento de um sistema que possa processar as imagens de tomografia computadorizada avaliando dimensão da falha dentária, densidade óssea e posição dos nervos, sugerindo ao cirurgião as melhores opções para a realização do implante.

V. CONCLUSÃO

Esta pesquisa apresentou uma revisão com foco no Suporte à decisão no processo assistido de implantes dentários múltiplos.

Através da revisão da literatura é possível identificar trabalhos referência na área de estudo e também verificar que a interação entre as áreas médicas e de engenharia são

fundamentais para apoiar a decisão do cirurgião e analisar várias características do processo cirúrgico.

Com a revisão foi possível encontrar as três palavras primárias, dental implant, Human Prosthesis Design and Dental fixation e suas respectivas palavras secundárias e com isso após o refinamento das buscas no portal CAPES foi possível selecionar 16 artigos para o processo de revisão e apontar suas contribuições e limitações. Com isso foi possível identificar que algumas variáveis são de importante valia para o cirurgião, como a dimensão da falha, quantidade de implantes, análise da estrutura óssea e mucosa da área que receberá o implante. Como trabalhos futuros existem alguns pontos para explorar, caracterizando principalmente a necessidade do desenvolvimento de um método/sistema que englobasse variáveis do processo de implante dentário, como largura, comprimento, diâmetro, e tipo de fixação do implante, de modo conjunto para assim apoiar a decisão do cirurgião.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro desta Pesquisa

VII. REFERÊNCIAS

AGARWAL, R.; GONZÁLEZ-GARCÍA, C.; TORSTRICK, B.; GULDBERG, R.E.; SALMERÓN-SÁNCHEZ, M.; GARCÍA, A.J. Simple coating with fibronectin fragment enhances stainless steel screw osseointegration in healthy and osteoporotic rats. **Biomaterials**. 2015; 63:137–145. doi:10.1016/j.biomaterials.2015.06.025

BARÃO, V.A.R.; DELBEN, J.A.; LIMA, J.; CABRAL, T.; ASSUNÇÃO, W.G. Comparison of different designs of implant-retained overdentures and fixed full-arch implant-supported prosthesis on stress distribution in edentulous mandible – A computed tomography-based three-dimensional finite element analysis. **Journal of Biomechanics**. 2013;46(7):1312–1320. doi:10.1016/j.jbiomech.2013.02.008

BARDYN, T.; GÉDET, P.; HALLERMANN, W.; BÜCHLER, P. Prediction of dental implant torque with a fast and automatic finite element analysis: a pilot study. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**. 2010;109(4):594–603. doi:10.1016/j.tripleo.2009.11.010

BAZZO, WA.; LISINGEN, I.V.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e Cultura (OEI), Madri, Espanha, 2003.

BIBB, R.; EGGBEER, D.; EVANS, P. Rapid prototyping technologies in soft tissue facial prosthetics: current state of the art. **Rapid Prototyping Journal**. 2010;16(2):130–137. doi:10.1108/13552541011025852

BUEHLER, A. M.; FIGUEIRÓ, M. F.; CAVALCANTI, A.B.; BERWANGER, O. **Diretrizes Metodológicas: elaboração de revisão sistemática e metanálise de ensaios**

clínicos randomizados. Ministério da Saúde – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, p.96, 2012.

CECCARELLI, G.; PRESTA, R.; BENEDETTI, L.; CUSELLA DE ANGELIS, M.G.; LUPI, S.M.; RODRIGUEZ, Y.; BAENA, R. **Emerging Perspectives in Scaffold for Tissue Engineering in Oral Surgery**. *Stem Cells International*. 2017;2017:1–11. doi:10.1155/2017/4585401

CHELAHI CHIKR Y, MERDJI A, GOUASMI S. Effects of the Geometric Parameters on the Interfacial Stresses Bone/Implant. 2020. **Nature & Technology Journal** ISSN: 1112-9778 – EISSN: 2437-0312

CHEN, X.; NOURI, A.; LI, Y.; LIN, J.; HODGSON, P.D.; WEN, C. Effect of surface roughness of Ti, Zr, and TiZr on apatite precipitation from simulated body fluid. **Biotechnology and Bioengineering**. 2008;101(2):378–387. doi:10.1002/bit.21900

CHEN, X.; YUAN, J.; WANG, C.; HUANG, Y.; KANG, L. Modular preoperative planning software for computer-aided oral implantology and the application of a novel stereolithographic template: A pilot study. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**. 2010;12(3):181–193. doi:10.1111/j.1708-8208.2009.00160.x

CHENG, Y-C.; LIN, D-H.; JIANG, C-P.; LIN, Y-M. Dental implant customization using numerical optimization design and 3-dimensional printing fabrication of zirconia ceramic. **International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering**. 2017;33(5):e2820. doi:10.1002/cnm.2820

DAYUBE U.R.C.; FURTADO T.S.M.; MEDINA C.A.G.; FORMIGA M.C.; BORTOLI J.P.A. Regeneração Óssea e Tecidual Guiada com Membrana de Politetrafluoretileno denso (PTFE-d) pós-exodontia intencionalmente exposta. **Revista Catarinense de Implantodontia**. 2019.

DEMENKO, V.; LINETSKIY, I.; NESVIT, K.; SHEVCHENKO, A. Ultimate Masticatory Force as a Criterion in Implant Selection. **Journal of Dental Research**. 2011;90(10):1211–1215. doi:10.1177/0022034511417442

DESHMUKH, T.R.; KUTHE, A.M.; CHAWARE, S.M.; VAIBHA, V. B.; INGOLE, D.S. Rapid prototyping assisted fabrication of the customised temporomandibular joint implant: a case report. **Rapid Prototyping Journal**. 2011;17(5):362–368. doi:10.1108/13552541111156487

DI FIORE, A.; MENEGHELLO, R.; SAVIO, G.; SIVOLELLA, S.; KATSOLIS, J.; STELLINI, E. In Vitro Implant Impression Accuracy Using a New Photopolymerizing SDR Splinting Material. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**. 2015;17:e721–e729. doi:10.1111/cid.12321

DREISEIDLER, T.; NEUGEBAUER, J.; RITTER, L.; LINGOHR, T.; ROTHAMEL, D.; MISCHKOWSKI, R. A.; ZOLLER, J.E. Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. **Clinical Oral Implants Research, Germany**, 2009. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01764.x

FANTINI, M.; DE CRESCENZIO, F.; CIOCCA, L.; PERSIANI, F. Additive manufacturing to assist prosthetically guided bone regeneration of atrophic

- maxillary arches. **Rapid Prototyping Journal**. 2015;21(6):705–715. doi:10.1108/RPJ-12-2013-0127
- FLEISCHMANNOVA, J.; MATALOVA, E.; SHARPE, P.; MISEK, I.; RADLANSKI, R.J. Formation of the Tooth-Bone Interface. **Journal of Dental Research**. 2010;89(2):108–115. doi:10.1177/0022034509355440
- FISHER, M.B.; MAUCK, R.L. **Tissue Engineering and Regenerative Medicine: Recent Innovations and the Transition to Translation**. Tissue Engineering Part B: Reviews. 2013;19(1):1–13. doi:10.1089/ten.teb.2012.0723
- GIBSON, I.; CHEUNG, L.K.; CHOW, S.P., *et al.* **The use of rapid prototyping to assist medical applications**. Rapid Prototyping Journal. 2006;12(1):53–58. doi:10.1108/13552540610637273
- GIL, F.J.; ESPINAR, E.; LLAMAS, J.M.; SEVILLA, P. Fatigue Life of Bioactive Titanium Dental Implants Treated by Means of Grit-Blasting and Thermo-Chemical Treatment. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**. 2014;16(2):273–281. doi:10.1111/j.1708-8208.2012.00468.x
- GYEHYUN, K.I.M.; JEONGJIN, L.E.E.; JINWOOK, S.E.O.; WOOSHIK, L.E.E.; YEONG-GIL, S.H.I.N., BOHYOUNG, K.I.M. Automatic Teeth Axes Calculation for Well-Aligned Teeth Using Cost Profile Analysis Along Teeth Center Arch. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. 2012;59(4):1145–1154. doi:10.1109/TBME.2012.2185825
- HECKMANN, S.M.; KARL, M.; WICHMANN, M.G.; WINTER, W.; GRAEF, F.; TAYLOR, T.D. Loading of bone surrounding implants through three-unit fixed partial denture fixation: a finite-element analysis based on in vitro and in vivo strain measurements. **Clinical Oral Implants Research**. 2006;17(3):345–350. doi:10.1111/j.1600-0501.2005.01177.x
- HIKITA, A.; CHUNG, U.; HOSHI, K.; TAKATO, T. **Bone Regenerative Medicine in Oral and Maxillofacial Region Using a Three-Dimensional Printer**. Tissue Engineering Part A. 2017;23(11–12):515–521. doi:10.1089/ten.tea.2016.0543
- HUANG, J.; LIN, X.; SHI, Y.; LIU, W. **Tissue Engineering and Regenerative Medicine in Basic Research: A Year in Review of 2014**. Tissue Engineering Part B: Reviews. 2015;21(2):167–176. doi:10.1089/ten.teb.2014.0626
- LIN, D.; LI, Q.; LI, W.; DUCKMANTON, N.; SWAIN, M. Mandibular bone remodeling induced by dental implant. **Journal of Biomechanics**. 2010;43(2):287–293. doi:10.1016/j.jbiomech.2009.08.024
- LOHFELD, S.; BARRON, V.; MCHUGH, P.E. **Biomodels of Bone: A Review**. Annals of Biomedical Engineering. 2005;33(10):1295–1311. doi:10.1007/s10439-005-5873-x
- LUANGCHANA, P.; PORNPRASERTSUK-DAMRONGSRI, S.; KIATTAVORNCHAROEN, S.; JIRAJARIYAVEJ, B. Accuracy of Linear Measurements Using Cone Beam Computed Tomography and Panoramic Radiography in Dental Implant Treatment Planning. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**. 2015;30(6):1287–1294. doi:10.11607/jomi.4073
- MATTIODA, R. A.; MAZZI, A.; CANGIOLIERI JR, O.; SCIPIONI, A. **Determining the principal references of the social life cycle assessment of products**. Int.J Life Cycle Assess. 2015 doi:
- MOIN, D.A.; HASSAN, B.; MERCELIS, P.; WISMEIJER, D. Designing a novel dental root analogue implant using cone beam computed tomography and CAD/CAM technology. **Clinical Oral Implants Research**. 2013;24:25–27. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02359.x
- MOIOLI, E.K.; CLARK, P.A.; XIN, X.; LAL, S.; MAO, J.J. **Matrices and scaffolds for drug delivery in dental, oral and craniofacial tissue engineering**. Advanced Drug Delivery Reviews.2007;59(4–5):308–324. doi:10.1016/j.addr.2007.03.019
- MONACO, C.; EVANGELISTI, E.; SCOTT, I. R.; MIGNANI, G.; ZUCHELLI, G. A fully digital approach to replicate peri-implant soft tissue contours and emergence profile in the esthetic zone. **Clinical Oral Implants Research**. 2016;27(12):1511–1514. doi:10.1111/clr.12599
- MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, vol.22(37), pp.7-32, 1999.
- NAITOH, M.; HAYASHI, H.; TSUKAMOTO, N.; ARIJI, E. Labial bone assessment surrounding dental implant using cone-beam computed tomography: an in vitro study. **Clinical Oral Implants Research**. 2012;23(8):970–974. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02249.x
- NAKAJIMA, K.; OSHIMA, M.; YAMAMOTO, N.; *et al.* **Development of a Functional Biohybrid Implant Formed from Periodontal Tissue Utilizing Bioengineering Technology**. Tissue Engineering Part A. 2016;22(17–18):1108–1115. doi:10.1089/ten.tea.2016.0130
- NEVES, F.S.; VASCONCELOS, T. V.; CAMPOS, P.S.F.; HAITER-NETO, F.; FREITAS, D.Q. Influence of scan mode (180°/360°) of the cone beam computed tomography for preoperative dental implant measurements. **Clinical Oral Implants Research**. 2014;25(2):e155–e158. doi:10.1111/clr.12080
- PADOVANI, G.C.; FEITOSA, V.; SAURO, S., *et al.* Advances in Dental Materials through Nanotechnology: Facts, Perspectives and Toxicological Aspects. **Trends in Biotechnology**. 2015;33(11):621–636. doi:10.1016/j.tibtech.2015.09.005
- PÉREZ, M.A.; MOREO, P.; GARCÍA-AZNAR, J.M.; DOBLARÉ, M. Computational simulation of dental implant osseointegration through resonance frequency analysis. **Journal of Biomechanics**. 2008;41(2):316–325. doi:10.1016/j.jbiomech.2007.09.013
- Portal de Periódicos CAPES/MEC 2019**. Disponível em < <https://www.periodicos.capes.gov.br> > Acesso em 20 de agosto de 2019.
- PODSHIVALOV, L.; FISCHER, A.; BAR-YOSEPH, P.Z.; On the Road to Personalized Medicine: Multiscale Computational Modeling of Bone Tissue. **Archives of Computational Methods in Engineering**. 2014;21(4):399–479. doi:10.1007/s11831-014-9120-1
- RIBEIRO-ROTTA, R.F.; LINDH, C.; PEREIRA, A.C.; ROHLIN, M. Ambiguity in bone tissue characteristics as presented in studies on dental implant planning and

- placement: a systematic review. **Clinical Oral Implants Research**. 2011;22(8):789–801. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.02041.x
- RIBOLLA, E.L.M.; RIZZO, P.; GULIZZI, V. On the use of the electromechanical impedance technique for the assessment of dental implant stability: Modeling and experimentation. **Journal of Intelligent Material Systems and Structures**. 2015;26(16):2266–2280. doi:10.1177/1045389X14554129
- ROMERO, L.; JIMÉNEZ, M.; ESPINOSA, M.; DEL M.; DOMÍNGUEZ, M. **New Design for Rapid Prototyping of Digital Master Casts for Multiple Dental Implant Restorations**. Papaccio G, org. PLOS ONE. 2015;10(12):e0145253. doi:10.1371/journal.pone.0145253
- SCHNEIDER, D.; SCHOBER, F.; GROHMANN, P.; HAMMERLE, C.H.; JUNG, R.E. In-vitro evaluation of the tolerance of surgical instruments in templates for computer-assisted guided implantology produced by 3-D printing. **Clinical Oral Implants Research**. 2015;26(3):320–325. doi:10.1111/clr.12327.
- SANTOSH, K.; MALYALA, R.K.Y.; ADITYA, M.A. A 3D-printed osseointegrated combined jaw and dental implant prosthesis – a case study. **Rapid Prototyping Journal**, 2016 Vol. 23 Issue: 6, pp.1164-1169. doi:10.1108/RPJ-10-2016-0166.
- SMITH, C.M.; ROY, T.D.; BHALKIKAR, A.; LI B.; HICKMAN, J.J.; CHURCH, K.H. **Engineering a Titanium and Polycaprolactone Construct for a Biocompatible Interface Between the Body and Artificial Limb**. Tissue Engineering Part A. 2010;16(2):717–724. doi:10.1089/ten.tea.2009.0066
- STRECKBEIN, P.; STRECKBEIN, R.G.; WILBRAND, J.F.; *et al.* Non-linear 3D Evaluation of Different Oral Implant-Abutment Connections. **Journal of Dental Research**. 2012;91(12):1184–1189. doi:10.1177/0022034512463396
- SZEJKA, A.L.; RUDEK, M.; CANGIOLIERI JUNIOR, O. **A Reasoning System to Support the Dental Implant Planning Process**. Springer, London, 2013.
- SZEJKA, A.L.; CANGIOLIERI JUNIOR, O.; PANETTO, H.; LOURES, E.R.; AUBRY, A. Semantic interoperability for an integrated product development process: a systematic literature review. **International Journal of Production Research**. 2017: 0020-7543. Doi: 10.1080/00207543.2017.1346314
- TABUSE H.E; CORREA C.B.; VAZ L.G. Comportamento biomecânico do sistema prótese/implante em região anterior de maxila: análise pelo método de ciclagem mecânica, **Rev Odonto UNESP**.2014: ISSN 1807-2577. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S1807-25772014000100008
- TEIXEIRA, G.F.G.; CANGIOLIERI JUNIOR, O. How to make strategic planning for corporate sustainability? **Journal of Cleaner Production**, 2019: 0959-6526. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.063
- UEMURA RECHE, A. Y.; CANGIOLIERI JUNIOR, O.; AMODIO ESTORILIO, C. C, RUDEK M. Integrated product development process and green supply chain management: Contributions, limitations and applications. **Journal of Cleaner Production**, 2019: 0959-6526. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119429
- VAEZI, M.; KAI CHUA, C.; MENG CHOU, S. Improving the process of making rapid prototyping models from medical ultrasound images. **Rapid Prototyping Journal**. 2012;18(4):287–298. doi:10.1108/13552541211231716
- VAN STEENBERGHE, D.; NAERT, I.; ANDERSSON, M.; BRAJNOVIC, I.; VAN CLEYNENBREUGEL, J.; SUETENS, P. **A Custom Template and Definitive Prosthesis Allowing Immediate Implant Loading in the Maxilla: A Clinical Report**. Oral maxillofac implants. 2002.
- WANG, R.; LIU, Y.; WANG, J.H.; BAUR, D.A. Effect of interfragmentary gap on the mechanical behavior of mandibular angle fracture with three fixation designs: A finite element analysis. **Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery**. 2017;70(3):360–369. doi:10.1016/j.bjps.2016.10.026
- WAKIMOTO, M.; MATSUMURA, T.; UENO, T.; MIZUKAWA, N.; YANAGI, Y.; IIDA, S. Bone quality and quantity of the anterior maxillary trabecular bone in dental implant sites. **Clinical Oral Implants Research**. 2012;23(11):1314–1319. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02347.x
- WERNER, A.; LECHNIAK, Z.; SKALSKI, K.; KĘDZIOR, K. Design and manufacture of anatomical hip joint endoprostheses using CAD/CAM systems. **Journal of Materials Processing Technology**. 2000;107(1–3):181–186. doi:10.1016/S0924-0136(00)00682-8
- YAMAUCHI, K.; TAKAHASHI, T.; NOGAMI, S.; KATAOKA, Y.; MIYAMOTO, I.; FUNAKI, K. Horizontal alveolar distraction osteogenesis for dental implant: long-term results. **Clinical Oral Implants Research**. 2013;24(5):563–568. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02417.x
- YAXIONG, L.; DICHEN, L.; BINGHENG, L.; SANHU, H.; GANG L. The customized mandible substitute based on rapid prototyping. **Rapid Prototyping Journal**. 2003;9(3):167–174. doi:10.1108/13552540310477472
- YUAN, Z.; NIE, H.; WANG, S, *et al.* **Biomaterial Selection for Tooth Regeneration**. Tissue Engineering Part B: Reviews. 2011;17(5):373–388. doi:10.1089/ten.teb.2011.0041

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 17/02/2020

Aprovado em: 16/04/2020

ANÁLISE DE MODO DE FALHA E SEU USO NO PROJETO DE EQUIPAMENTOS PARA UMA EMPRESA

FAILURE MODE ANALYSIS AND ITS USE IN EQUIPMENT DESIGN OF A COMPANY

NILO ANTONIO DE SOUZA SAMPAIO¹; JOSÉ GLÊNIO MEDEIROS DE BARROS¹;
ANTONIO HENRIQUES DE ARAUJO JUNIOR¹; RAPHAEL ANTONIO DOS SANTOS PIRES²

1 - DOCENTES DA UERJ-FAT; 2 – DISCENTE DA UERJ-FAT

nilo.samp@terra.com.br; glenio.barros@gmail.com; anthenriques2001@yahoo.com.br; raphael_id.uff.br

Resumo – O presente artigo visa propor melhorias para redução de riscos de falhas para adquirir um novo equipamento de uma indústria automobilística da região sul fluminense do estado do Rio de Janeiro utilizando DFMEA (Análise dos Modos e Efeitos de Falhas de Projeto), que será desenvolvido para se conseguir um equipamento isento dos problemas existentes atualmente e se antecipar a um possível incremento demanda de veículos prevista para o final do ano de realização do mesmo. Montou-se uma equipe multifuncional de colaboradores das principais áreas envolvidas levantou-se os principais modos de falhas do equipamento por meio da técnica Brainstorming. Em seguida foi preenchida a planilha do DFMEA utilizando as tabelas de classificação para Severidade, Ocorrência e Detecção para calcular o NPR (Número de Prioridade de Risco). Com aplicação dessa técnica foram sugeridas ações de melhorias para os modos de falhas, os quais foram discriminadas em uma planilha 5W1H. Desta forma foi possível comprovar a importância da aplicação do DFMEA antes da aquisição de um novo equipamento para evitar futuros desperdícios e aumentar a eficiência da fábrica.

Palavras-chave: DFMEA. NPR. Brainstorming.

Abstract – problems and to anticipate a possible increase in demand for vehicles expected by the end of the year in which it is carried out. A multifunctional team of collaborators from the main areas involved was assembled and the main modes of equipment failures were raised through the Brainstorming technique. Then the DFMEA spreadsheet was filled out using the classification tables for Severity, Occurrence and Detection to calculate the NPR (Risk Priority Number). With the application of this technique, improvement actions were suggested for the failure modes, which were detailed in a 5W1H spreadsheet. In this way it was possible to prove the importance of the application of DFMEA before the acquisition of new equipment to avoid future waste and increase the efficiency of the factory.

Keywords: DFMEA. RPN. BRAINSTORMING.

I. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de produção e a alta competitividade no setor automobilístico, uma empresa da região sul fluminense do Rio de Janeiro decidiu investir em um novo transportador aéreo de cabines veiculares. Para isso uma equipe multifuncional foi definida e optou-se por aplicar a ferramenta DFMEA (Análise de modo e efeitos de falha de projeto) no projeto desse novo equipamento a fim de antever-se aos potenciais riscos de falhas.

Segundo Stamatis (1995) o DFMEA é uma variação do FMEA (Análise de modo e efeitos de falha) específica para identificação de falhas em projetos. De acordo com o Manual QS 9000 e ISO TS 16949, o FMEA é ferramenta imprescindível em toda a cadeia produtiva das indústrias automobilísticas, resultando em avanços significativos tanto em projetos, quanto em processos.

Para Brito *et al* (2015), o FMEA é um método para a gestão da qualidade que busca detectar e solucionar problemas potenciais de forma completa e sistemática. O modo de falha é a forma com que o desempenho do produto ou do processo é afetado. E o efeito da falha é a forma como o seu modo afeta o comportamento do sistema, do ponto de vista do cliente. Toda e qualquer falha, assim definida como o término da habilidade de um determinado componente, no que diz respeito ao desempenho de sua função esperada, representa um conceito de fundamental importância às análises de qualidade e confiabilidade (SAMPAIO *et al*, 2017).

Conforme manual de FMEA da IQA (p. 18, 2008), o DFMEA é um documento vivo e deve ser iniciado antes da finalização do conceito de projeto, bem como ser atualizado à medida que ocorram alterações e ser uma fonte de lições aprendidas para futuras interações de projeto. O desenvolvimento do DFMEA segue as seguintes etapas: Definição do escopo do projeto; Interação entre os componentes e subsistemas por meio de um diagrama de blocos; Análise dos requisitos funcionais do projeto; Preenchimento do formulário DFMEA; Elaboração de um plano de ação.

O *Brainstorming* é uma ferramenta da qualidade que se resume em um conjunto de ideias e pensamentos que cada integrante da equipe expõe sem restrições durante uma discussão sobre falhas e causas de um determinado produto ou processo (MIGUEL, 2001). É utilizada para gerar uma grande quantidade de ideias de forma rápida e simples.

O Diagrama de Ishikawa, segundo Moraes (2011, *apud* BALLESTERO-ALVAREZ *et al*, 2001) nada mais é do que a representação gráfica da relação entre causas e efeitos de um item em estudo e seus respectivos fatores. Tem como principal objetivo a análise de um problema (efeito) a partir da estratificação de suas causas fundamentais.

A ferramenta 5W1H é utilizada para realização de ações corretivas, no qual se deve montar uma tabela a partir de seis

questões a serem respondidas: Quais (what) tarefas serão feitas mediante um plano de execução? Quando (when) atuar? Quem (who) participará das ações necessárias para a execução das tarefas? Onde (when) as tarefas de controle deverão ser executadas? Por que (why) as tarefas de controle devem ser executadas? Como (how) as tarefas devem ser executadas? (CAMARGO, 2006).

O objetivo do presente artigo é verificar a importância da ferramenta DFMEA para avaliação e análise dos problemas potenciais e propor as possíveis ações de melhorias para o novo equipamento.

II. METODOLOGIA

A estratégia adotada neste trabalho foi a pesquisa intervencionista. O autor, que também era funcionário da empresa, de forma participativa, se dispôs a analisar, interpretar, levantar dados e propor ações para resolver os problemas da empresa, objeto de estudo, em conjunto com os seus funcionários.

A pesquisa-ação foi o método utilizado, pois a empresa analisada não possuía conhecimento de estudos estratégicos

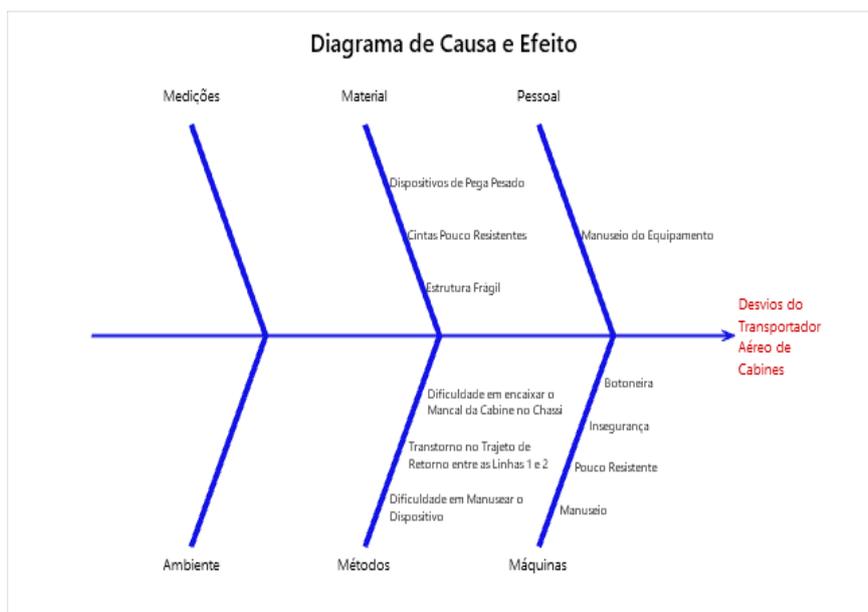
e de aplicação das ferramentas na incorporação de melhorias para seus indicadores de desempenho, sendo necessária a ação do pesquisador em diversos momentos do estudo.

III. DESENVOLVIMENTO

A aplicação do método foi iniciada com a seleção dos participantes com mais conhecimento técnico do transportador aéreo de cabines veiculares. Logo na primeira reunião foi elaborado um diagrama de blocos do equipamento, delimitando os componentes mais críticos. São estes: a estrutura tubular, a botoeira, as almofadas de apoio do para-brisa, as cintas, os braços articulados e os dispositivos. O próximo passo foi a realização de um *brainstorming* que pautou o levantamento dos problemas enfrentados pelo equipamento atualmente.

As ideias que surgiram durante o *brainstorming* foram agrupadas em um diagrama de Ishikawa, conforme a figura 1.

Figura 1 - Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Próprios Autores 2020.

A partir da planilha DFMEA (Figura 2) e com auxílio de um checklist 5W1H, foi possível estipular ações recomendadas capazes de proporcionar uma melhor visualização e interpretação das necessidades do novo transportador aéreo de cabines veiculares.

As necessidades para um novo projeto indicadas pelo DFMEA foram: melhorias na estrutura do equipamento, proporcionando maior resistência do equipamento, facilidade de montabilidade e maior capacidade de produção; melhorias nos dispositivos de pega da cabine, como facilidade de manuseio e de encaixe; realizar trocas por cintas mais resistentes para evitar incidentes/acidentes com a queda da cabine em suspensão; realizar a comunicação de componentes do equipamento, facilitando a intercambialidade de peças; necessidade de um suporte para a botoeira da talha; e a eliminação das almofadas de apoio para o basculamento da cabine do veículo.

Assim, o maior benefício com a aplicação do DFMEA foi a possibilidade de projetar um novo equipamento livre de falhas existentes no transportador de cabines atualmente em operação, evitando, desta forma, retrabalhos, transtornos e desperdícios financeiros.

Figura 2 - FMEA do Processo

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS											
FORMULÁRIO FMEA DE PROJETO - DFMEA											
Sistema/Subsistema:	Transportador aéreo de cabine veicular.				Responsável pelo Projeto:	Gisele Paiva/Instalações Industriais					
Componente:	Estrutura tubular, cintas, dispositivos, braço articulado, almofadas e botoeiras.				Data Chave:	Jun/2012					
Modelo/Programa:	Veículos 1 e 2				Data DFMEA:	01/02/2012					
Equipe:	comitê DFMEA				Preparado por:	Gisele Paiva					
					Departamento:	Planejamento de manufatura					
										Revisão: 0	
Item/Função	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) de Falha	Severidade	Classificação	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) de Falha	Ocorrência	Controles Atuais do Projeto - Prevenção	Controles Atuais do Projeto - Detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
Posicionar dispositivos de pegos traseiros das cabines do veículo 1	Dispositivo pesado e degradado com o uso	Afastamento do montador (ergonomia)	9	S	Ausência de um local de fixação do dispositivo na cabine	10	Não Existe	Fabricação de protótipo	3	270	Realizar alterações no projeto do dispositivo de pega, buscando novo local de fixação na cabine
Deslocar o transportador até a posição de decking na linha 2	Posição de parada da botoeira alta	Perda de tempo de operação	5	S	Ausência de posicionamento do gancho da botoeira	10	Não Existe	Não Existe	9	450	Adequar um novo ponto de apoio da botoeira em novo projeto
Transportar cabines da linha 1 até a linha 2	Trava das cintas abrirem	Ocorrer um possível acidente com montador (queda da cabine)	9	D	Erro de dimensionamento o das molas	8	Utilização de normas adequadas para especificação de materiais	Não Existe	8	576	Teste com trava comercial de um fornecedor especialista na região
Executar manutenção preventiva e corretiva do transportador	Falta de peças em estoque para manutenção	Redução do tempo de disponibilidade do equipamento	8	S	Erro de especificação e dimensionamento do material	10	Não Existe	Não Existe	8	640	Novo projeto: Criar um Estoque padrão e padronizar peças para fabricação.
Voltar o transportador para linha 1 sem os dispositivos de pega	Dispositivos de pega que foram para a linha 2 ainda não estarem disponíveis para o içamento de cabines na linha 1	Risco de colisão do montador com a empilhadeira (durante o trajeto para buscar dispositivo na linha 2)	10	D	Não existir local de transporte dos dispositivos no próprio transportador	9	Não Existe	Fabricação de um novo protótipo	2	180	Novo projeto: eliminar meios auxiliares de pega ou criar ponto de transporte no próprio equipamento
		Perda de tempo de operação, com perda de produtividade	8	S						144	
Posicionar almofadas de apoio das cabines dos veículos 1	Sistema de giro da almofada duro ou travado	Perda de tempo de operação	8	S	Erro de especificação e dimensionamento do material	9	Utilização de normas adequadas para especificação de materiais	Não Existe	9	648	Alterar projeto do apoio da cabine no transportador retirando a almofada
Colocar os braços articulados do transportador no mancral da cabine do veículo 2 e colocar o pino de fixação	Braço articulado não encaixa na posição correta	Acidente com montador (queda da cabine)	10	D	Empeno da estrutura (erro de especificação de material)	9	Cálculo estrutural validado pela engenharia	Monitoramento dos esforços durante try-out em protótipo	2	180	Análise do cálculo estrutural da Engenharia
		Perda de tempo de operação	7	S						10	

Fonte: Próprios Autores, 2020.

IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou as etapas desenvolvidas durante a implantação do DFMEA em uma indústria automotiva. Nestas atividades analisadas, várias áreas envolvidas se mostraram capazes de interpretar modos de falhas do transportador aéreo de cabines veiculares em pontuações que resultaram em ações recomendadas para que se evite que o novo equipamento a ser adquirido pela planta, não venha a possuir ou reduzir os modos de falha na linha de produção futuramente.

Conclui-se que a Análise de Modo e Efeito de Falha de Projeto além de proporcionar melhorias constantes nos equipamentos produtivos de uma indústria automobilística tornando-a competitiva em relação a sua concorrência,

integra todas as áreas da planta e aumenta a probabilidade de que os modos de falhas potenciais e seus efeitos no sistema e na operação do novo transportador tenham sido considerados no desenvolvimento do projeto do mesmo, tornando o ambiente de trabalho inclusive mais seguros para os colaboradores em suas atividades.

V. REFERÊNCIAS

- BRITO, J. L. *et al.* "Ferramentas da qualidade nas indústrias de papel e celulose da Bahia". **Revista Sodebras [on line]**, v. 10, n. 109, jan. 2015.
- CAMARGO, P. R., **Implantação de um Planejamento Estratégico para solução de problemas operacionais.**

Monografia de Especialização em MBA Gerência de Produção e Tecnologia do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado da Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, SP, 2006.

CAMARGO, P. R., Redução de custos na movimentação de materiais em uma empresa automobilística: um estudo de caso, **Revista INGEPRO** – Inovação, Gestão e Produção, vol.1, n.4, p.76-84, jun. 2009.

ICONE LEAN CONSULTING, **FMEA: Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial** (Programa de Capacitação em Gestão da Qualidade Automotiva), 4 ed., Taubaté, SP, 2010.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA-IQA, Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial FMEA. Manual de Referência, 4 ed., São Paulo: [s.n.], 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO/TS 16949:2002 – Quality Management Systems** – Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations, Genebra, 2002.

MANUAL QS 9000, **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA):** Manual de Referência, 1997.

MIGUEL, P.A.C., **Qualidade: enfoques e ferramentas**, São Paulo: Artiliber, 2001.

MORAES, V. *et al*, **Um Estudo de Caso da Aplicação de Ferramentas da Qualidade em Conjunto com um Equipamento Automático de Inspeção em uma Empresa Metalúrgica**. XVIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 7 a 9 de Novembro de 2011.

SAMPAIO, N. A. S. *et al*. Análise de viabilidade de aplicação da metodologia FMEA para manutenção industrial. **Revista Sodebras [on line]**, v. 12, n. 143, out. 2017.

PALADY, PAUL, “**Análise dos modos de falha e efeitos:** prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram, São Paulo: IMAM, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R., **Administração da Produção**, 3. ed., São Paulo: Atlas, 2009.

STAMATIS, D. H., **Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution**, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, USA

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 26/03/2020

Aprovado em: 17/04/2020