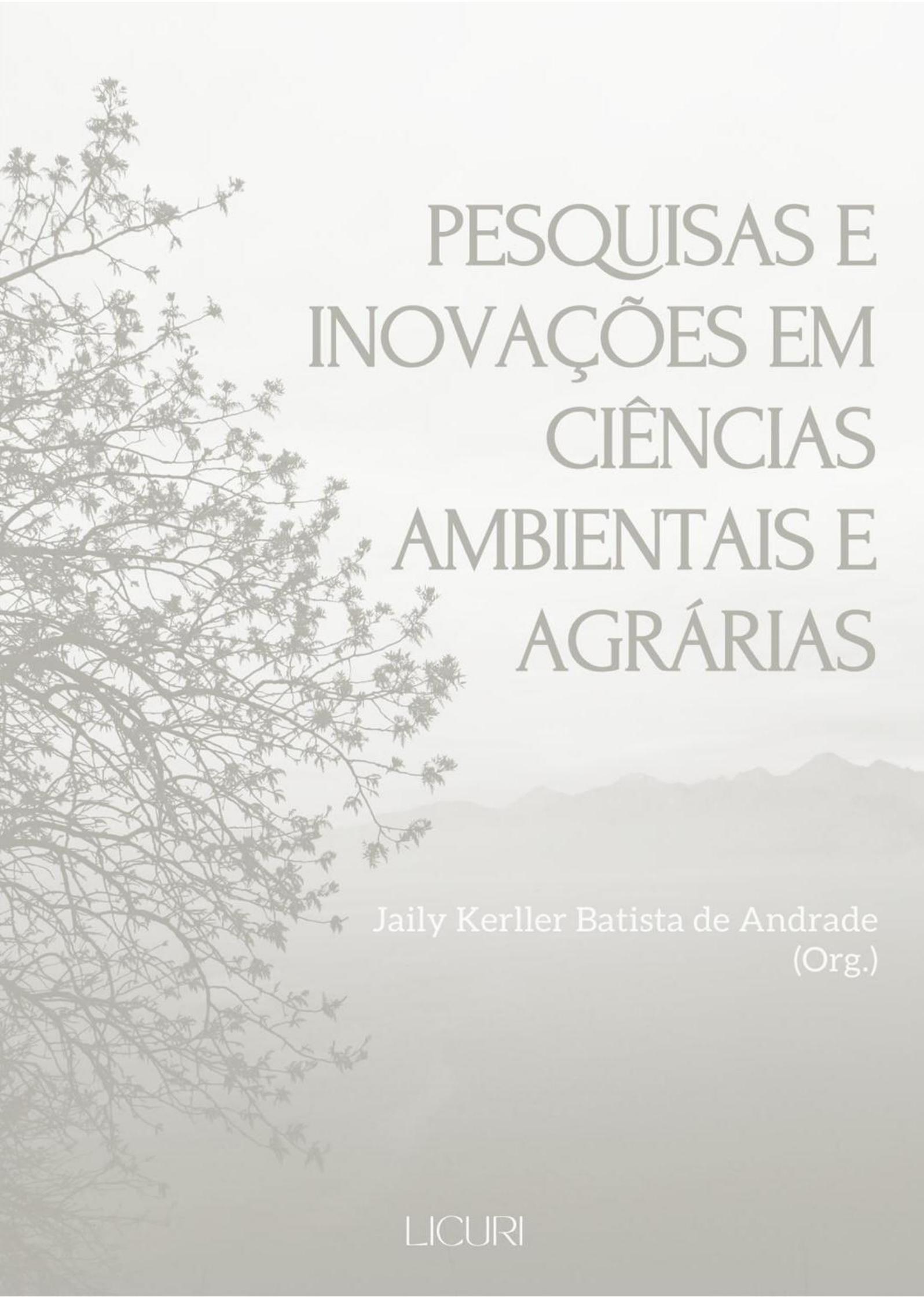




PESQUISAS E INOVAÇÕES EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E AGRÁRIAS

Jaily Kerller Batista de Andrade
(Org.)

LICURI



PESQUISAS E
INOVAÇÕES EM
CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E
AGRÁRIAS

Jaily Kerller Batista de Andrade
(Org.)

LICURI

© 2023 Editora Licuri
Rua Florianópolis, 800
CEP: 58417-240 - Campina Grande, Paraíba
E-mail: contato@editoralicuri.com.br
Site: editoralicuri.com.br

Produção Editorial

Editor Chefe: Dr. Jaily Kerller Batista de Andrade

Revisão: Os Autores

Diagramação e Capa: Aline Soares de Barros

Créditos da capa: Editora Licuri

A554 Andrade, Jaily Kerller Batista.

Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias / Jaily Kerller Batista de Andrade - Campina Grande: Licuri, 2023.

Livro digital (148 f.: il.)

ISBN 978-65-85562-21-8

DOI <https://doi.org/10.58203/Licuri.2218>

Modo de acesso: World Wide Web

1. Meio Ambiente - Brasil. 2. Ciências Florestais - Brasil. 3. Agrárias. I. Andrade, Jaily Kerller Batista, org, II. Título. Brasil. Meio ambiente. III. Título. Estudos em Ciências Florestais e Agrárias.

CDD - 363



O conteúdo deste livro está licenciado sob atribuição de licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

O conteúdo dessa obra e a sua revisão expressam estudos, opiniões e abordagens que são de responsabilidade exclusiva dos autores.

CONSELHO EDITORIAL

Dra. Elane da Silva Barbosa

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, UERN

Dr. Igor Vasconcelos Rocha

Fiocruz Pernambuco - Instituto Aggeu Magalhães, IAM

Dr. João Paulo Laranjo Velho

Universidade de Pernambuco, UPE

Dr. Mairton Gomes da Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB

MSc. Maria José das Neves Silva

Universidade Federal da Paraíba, UFPB

Dra. Nadia Vilela Pereira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, IFTT

Dra. Priscila Bernardo Martins

Universidade Cruzeiro do Sul, UNICSUL

Dra. Shirlei Marly Alves

Universidade Estadual do Piauí, UEPI

Dr. Valdenildo Pedro da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, IFRN

Dra. Vanessa de Castro Rosa

Universidade do Estado de Minas Gerais

APRESENTAÇÃO

Esta obra busca abordar visão multidisciplinar sobre a pesquisas e inovações nas áreas de Agrárias e Ambientais. Ela traz discussões que envolvem desde o aproveitamento tecnológico de frutas como a jaca e o maracujá até a análise da variabilidade genética de micro-organismos como *Enterococcus faecium*.

Exploramos também o potencial da radiação gama em fitoterápicos e frutos, destacando seus efeitos na descontaminação e na extensão da vida útil dos alimentos. Além disso, são examinadas questões práticas, como a análise estratégica de um laticínio e a caracterização de defensivos agrícolas para o controle de pragas do cajueiro.

Os capítulos abordam ainda temas como a atividade antimicrobiana de méis de abelha, a morfometria de sementes e a purificação de água de condensação de ar-condicionado, oferecendo insights valiosos para a prática e a pesquisa nessas áreas. Por meio de experimentos físico-químicos e sensoriais, os autores exploram novas possibilidades e soluções para desafios ambientais e agrícolas contemporâneos.

Ao reunir pesquisas diversas e inovadoras, este livro busca contribuir para o avanço do conhecimento e para o desenvolvimento de práticas sustentáveis e eficazes no campo ambiental e agrário. Cada capítulo oferece uma janela para o mundo da pesquisa e da inovação, inspirando novas abordagens e descobertas que podem impactar positivamente tanto a agricultura quanto o meio ambiente.

SOBRE OS ORGANIZADORES DA OBRA

Jaily Kerller Batista de Andrade

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande (2014); Complementação Pedagógica com habilitação em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (2019); Mestrado (2016) e Doutorado (2021) em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Consórcio do cajueiro-anão ‘BRS 226’ com pimenta ‘BRS Avai’ na formação do pomar | 1 |
| Mateus Wilson Oliveira Gonçalves; Márcio Cleber de Medeiros Corrêa; Rita de Cassia Alves Pereira | |
| Análise estratégica do laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade através de ferramentas de gestão | 20 |
| Karla Aparecida Nascimento da Costa; Messias Firmino de Queiroz; Deise Souza de Castro; Natália Dias Berto Minino; Beatriz Gomes da Silva; Josely Dantas Fernandes | |
| Purificação de água de condensação de ar-condicionado para uso em laboratório | 32 |
| Francisco de Souza Fadigas; Gilmara Fernandes Eça | |
| Aproveitamento tecnológico da jaca para elaboração de farinhas e barras de cereais | 45 |
| Maria Luiza Barbosa de Negreiros; Dalmo Marcello de Brito Primo; Deise Souza de Castro; Patrícia Maria de Araújo Gomes; Janaína Mendonça Soares; Luana de Fátima Damasceno dos Santos | |
| Efeitos da radiação gama em fitoterápicos <i>Baccharis trimera</i> e <i>Maytenus ilicifolia</i> visando a descontaminação | 53 |
| Edmilson Jovino Antunes; Valter Arthur | |
| Efeitos da Radiação Gama do Cobalto-60 em Frutos de Abacate (<i>Persea americana</i>) Cultivar Geada Visando Aumentar a Vida Útil de Prateleira | 66 |
| Lilian Karla Figueira Silva; Valter Arthur | |
| Análise da variabilidade genética de <i>Enterococcus faecium</i> resistentes à vancomicina em um Hospital Terciário do Recife-PE | 76 |
| Michelly Lopes da Silva; Igor Vasconcelos Rocha; Carlos Alberto das Neves de Andrade | |

| | |
|--|------------|
| Morfometria de sementes de <i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. <i>leiostachya</i> (L.) Wild., coletadas em diferentes anos | 87 |
| Liliane Maria da Silva; Monalisa Alves Diniz da Silva; Graciane Xavier Leal Ferraz; Leonardo Raimundo da Silva; Enzo Viana Batista | |
| Atividade antimicrobiana in vitro de méis de abelha sem ferrão | 96 |
| Paulo Sergio Taube Junior; Ana Claudia Souza Abreu; Jandria Gabriela Vieira Gusmão; Graciene do Socorro Taveira Fernandes; Marcia Mourao Ramos Azevedo; Tiago Santos Silveira | |
| Princípios ativos e características de defensivos agrícolas registrados para controle de pragas do cajueiro | 109 |
| Antonio Lindemberg Martins Mesquita; Maria do Socorro; avalcante de Souza Mota; Gabryellen Araújo da Silva ; Erik Macedo Colares Oliveira; João Victor de Souza Soares | |
| Elaboração e avaliação físico-química e sensorial de geleia de maracujá com hortelã e cachaça | 122 |
| Viviane Galdino dos Santos; Vanderleia Galdino dos Santos; Deise Souza de Castro; Dalmo Marcello de Brito Primo; Janaina Mendonça Soares; Luana de Fátima Damasceno dos Santos | |
| Características físico-químicas dos sais de prata oriundos de soluções fixadoras e filmes radiográficos usados em radiologia | 130 |
| Ilan Hudson Gomes de Santana; Mayara Rebeca Martins Viana; Wellington Bruno Alves de Souza; Lívia Silva Galiza; Marcelo Augusto Oliveira de Sales; Patricia de Medeiros Loureiro Lopes | |

Consórcio do cajueiro-anão 'BRS 226' com pimenta 'BRS Avai' na formação do pomar

Autores:

Mateus Wilson Oliveira Gonçalves

Engenheiro Agrônomo pela
Universidade Federal do Ceará,
Fortaleza

Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

Doutor em Agronomia (Produção
Vegetal), professor da Universidade
Federal do Ceará, Fortaleza

Rita de Cassia Alves Pereira

Doutora em Agronomia (Produção
Vegetal), pesquisadora da Embrapa
Agroindústria Tropical, Fortaleza

DOI: 10.58203/Licuri.22181

Como citar este capítulo:

GONÇALVES, Mateus Wilson Oliveira;
CORRÊA, Márcio Cleber de Medeiros;
PEREIRA, Rita de Cassia Alves. Consórcio do
cajueiro-anão 'BRS 226' com pimenta 'BRS
Avai' na formação do pomar. In: Andrade,
Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e
inovações em Ciências Ambientais e
Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p.
1-19.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de castanha do cajueiro-anão 'BRS 226' (*Anacardium occidentale* L.) e da pimenta 'BRS Avai' (*Capsicum frutescens* L.), em cultivo solteiro e consorciado nos períodos de 2018/2019 e 2019/2020. O experimento foi realizado no Campo Experimental do Curu, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, CE. Os tratamentos correspondem a três áreas de cultivo: caju solteiro, caju consorciado com pimenta e pimenta solteira. A produção de castanha de caju foi avaliada pela contagem de frutos e massa in natura, para a pimenta foi avaliada a massa fresca dos frutos. O cajueiro consorciado registrou altura média de 1,43 m e envergadura de 2,25 m; para o caju solteiro as medidas foram de 1,24 m e 1,88 m, na 1ª safra. Na 2ª safra o caju consorciado registrou altura média de 2,47 m e envergadura de 4,9 m, para o caju solteiro as medidas foram de 2,34 m e 4,32 m. O rendimento do caju consorciado foi de 62,45 Kg de castanha, enquanto o caju solteiro obteve 28,37 Kg. Na 1ª safra, a pimenta consorciada resultou em 180,9 Kg, e a pimenta solteira, em 198,2 Kg. Na 2ª safra, o caju consorciado produziu 198,2 Kg, e o caju solteiro, 50,04 Kg. A pimenta consorciada obteve 192,55 Kg, e a pimenta solteira, 202,83 Kg. Nesse cenário o consórcio demonstrou ser eficaz em incremento de produção e um melhor rendimento por área com a implantação da segunda cultura o que possibilitou estabilidade econômica no período de entressafra.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*. *Capsicum frutescens*. Produtividade. Alternativa de renda.

INTRODUÇÃO

O caju é uma das frutas de maior importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil, sendo cultivado majoritariamente em condições ambientais adversas, contribui para geração de oportunidades de trabalho e renda no campo na época mais seca do ano, assim como empregos diretos e indiretos nas agroindústrias beneficiadoras de castanhas e outros derivados de caju (SILVA et al., 2018; Miranda et al., 2019).

No entanto, os pequenos agricultores do semiárido nordestino enfrentam desafios para garantir uma renda estável durante todo o ano, especialmente em culturas que apresentam períodos de entressafra ou baixa produtividade, que pode ocorrer em períodos de escassez de chuvas, ou chuvas mal distribuídas o que segundo Porto et al. (1983), é a principal característica do nordeste brasileiro, sendo caracterizada pela irregularidade do regime de precipitação pluviométrica, tanto no tempo, como no espaço, ocorrendo em até quatro meses em diversos municípios.

Para contornar o período de entressafra, e maximizar o uso de recursos disponíveis, o consórcio de culturas, tem se mostrado uma prática promissora. Hernani et al., (s.d.) afirmam que essa técnica é extremamente interessante especialmente quando se quer maximizar o aproveitamento da água disponível no solo ou do período chuvoso, tornando-se fundamental em regiões do Brasil onde, ao longo do ano, ocorrem duas épocas bem distintas, uma chuvosa e outra seca (que pode durar até 6 meses).

O cajueiro-anão, apesar de iniciar a produção já no segundo ano de cultivo, as plantas cobrem menos de 50% da superfície do solo até o terceiro ano de cultivo, permitindo o cultivo consorciado com outras culturas (Miranda, 2013). O consórcio atua na geração de renda, no aproveitamento de resíduos de fertilizantes, na redução da incidência de ervas daninhas e a ocupação da mão de obra ao longo do ano.

No entanto, agricultores e técnicos agrícolas necessitam de apoio científico e técnico para implementar o consórcio em sistemas agrícolas e cadeias de valor que ainda são predominantemente baseados em culturas únicas. Além disso, diferenças edafoclimáticas, sistemas agrícolas e alimentares, e hábitos do consumidor variam entre diferentes regiões, exigindo soluções regionais ou mesmo locais (Weih et al., 2022).

Visto os desafios enfrentados pelos pequenos agricultores do semiárido nordestino para garantir uma renda estável durante todo o ano. O consórcio entre o cajueiro-anão 'BRS 226' e a pimenta 'BRS Avai', pode oferecer uma série de benefícios aos agricultores,

pelo uso otimizado e sustentável dos recursos, visando benefícios econômicos, ambientais e sociais, ao integrar diferentes culturas o consórcio visa maximizar a eficiência no uso de solo, que é um fator de produção limitante tanto em qualidade, como quantidade, bem como o uso de água e insumos.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa é fornecer subsídios para a disseminação de informações e adoção do consórcio entre o cajueiro-anão 'BRS 226' e a pimenta 'BRS Avai', contribuindo para o fortalecimento da agricultura familiar, bem como incremento de renda aos pequenos e médios agricultores.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Paraipaba, CE. (3°29'19.8"S, 39°09'52.4"W). O clima, segundo Köppen, pertence ao tipo Aw (tropical seco), com precipitação pluvial média anual de 1.131 mm e temperaturas máximas e mínimas de 31.2 °C e 21.1 °C. O solo onde foi feito o experimento é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Espessarênico (Araújo *et al.*, 2021).

Áreas experimentais

O experimento contou com três áreas experimentais sendo caju consorciado com pimenta (48 plantas de caju e 1.008 plantas de pimenta), caju solteiro (48 plantas) e pimenta solteira (2.304 plantas). Para o caju o espaçamento foi de 8 m x 6 m, para a pimenta foi de 2 m x 0,5 m. No cultivo consorciado a pimenta foi instalada entre as linhas de 8 m do cajueiro. O plantio de mudas do cajueiro-anão 'BRS 266', foi em covas (40 cm de largura, 40 cm de altura e 40 cm de profundidade) em 22 abril de 2017. O plantio de pimenta 'BRS Avai' ocorreu em junho/2018, sendo o segundo ano de plantio de pimentas em 15/09/2019.

Adubações

Para as áreas de do cajueiro (solteiro e consorciado), a adubação de fundação foi a mesma, conforme Oliveira *et al.*, (2002): 20 L de esterco de gado curtido + 500 g de

superfosfato simples + 100 g de FTE BR 12. Antes do enchimento da cova foram aplicados 100 g de calcário enriquecido com magnésio acima de 12% no fundo da cova, misturando bem com a terra. Após 60 dias do plantio das mudas foi realizada a adubação de formação, onde foi aplicado ao redor das plantas 60 g/planta de nitrogênio e 40 g/planta de K₂O, sendo esse valor dividido em três parcelas iguais e aplicados mensalmente. Para a adubação do período compreendido entre o primeiro e segundo ano, os adubos foram distribuídos em faixas contínuas com 1,0 m de largura ao longo da linha de plantas, sendo aplicados 80 g/planta de nitrogênio, 200 g/planta de cloreto de potássio e 100 g/planta de superfosfato simples. Para o período compreendido entre o segundo e terceiro ano foi utilizado 150 g/planta de nitrogênio, 200 g/planta de cloreto de potássio e 100 g/planta de superfosfato simples.

Para o cultivo da pimenta, a adubação foi realizada conforme elucidado por Crisóstomo *et al.* (2006), a primeira adubação foi realizada por ocasião do plantio, sendo utilizados 20 g/planta de ureia, e 150 g/planta de superfosfatos simples, este distribuído de uma única vez. No período correspondente ao plantio das mudas de pimenta e florescimento foi distribuído 20 g/planta de ureia e 20 g/planta de cloreto de potássio.

Tratos culturais e Irrigação

Os tratos culturais foram realizados conforme a recomendação para o plantio comercial de cajueiro, em cultivo de sequeiro (Barros *et al.*, 1993; Crisóstomo *et al.*, 2003) e constou das seguintes operações: limpeza das entrelinhas de plantio, coroamento das plantas e eliminação de brotações laterais no caule até a altura de 50 cm, controle de plantas daninhas. Para o primeiro ano do plantio de cajueiro, foram retiradas apenas as panículas que surgiram, conforme descreve Serrano, 2021.

O sistema de irrigação adotado foi por microaspersão (10 litros de água/dia a cada três dias), apenas durante o período de formação para o Caju (julho a dezembro de 2017). Para a pimenta o sistema de gotejamento foi adotado considerando suas fases fenológicas distintas (I= inicial; II= desenvolvimento vegetativo; III= floração e frutificação e IV= maturação). Durante a maturação dos frutos foi adotado 50% da evapotranspiração de referência. Para os valores de coeficiente da cultura (Kc) foi adotado 0,30; 1,00; 1,20 e 0,60 para as fases I, II, III e IV respectivamente, conforme descrito por Crisóstomo *et al.*, (2006).

Foi adotado os valores médios de evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelo método FAO Penman-Monteith, para Paraipaba, CE, conforme descrito por Aguiar *et al.*, (2004). Para ambos os cultivos, e épocas distintas, a irrigação foi fracionada em volumes iguais, em duas irrigações diárias. Os dados pluviométricos foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA), estação meteorológica código 00339040, da cidade de Paraipaba, CE.

Fenologia do Cajueiro

A coleta dos dados fenológicos do cajueiro, ocorreu em 23/08/2018. Onde foram registrados os valores para altura, diâmetro do caule e envergadura das plantas de caju. No segundo ano a coleta de dados foi em 05/11/2019. A altura e envergadura da planta foi mensurada com o auxílio de vara graduada a partir de 5 cm do solo. O diâmetro do caule foi medido a 5 cm do solo, com auxílio de fita métrica. Os dados foram submetidos a teste de normalidade e análise de variância, e as médias posteriormente aplicadas ao método de boxplot.

Avaliação da produtividade e período de interação das culturas

Para a avaliação da produtividade da pimenta tanto em cultivo consorciado, quanto para o cultivo solteiro, foi utilizada área correspondente a 10 linhas de cultivo. As pimentas foram colhidas manualmente, conforme descrito por Henz e Moreti (2008), o ponto de colheita das pimentas foi determinado visualmente, quando os frutos atingiram o tamanho máximo de crescimento e o formato típico da espécie, com a cor específica (vermelha) demandada pelo mercado (Figura 1).



Figura 1. Pimenta 'BRS Avai' em ponto de colheita. Paraipaba, CE, 2018.

A colheita do caju foi realizada seguindo a metodologia de Oliveira *et al.* (2004) realizando a “apanha” uma ou duas vezes por semana, não coletando as castanhas germinadas, imaturas, podres, chochas e malformadas. O período de convivência entre as espécies, foi determinado pela época de estabelecimento do consórcio (plantio da pimenta) e o final do ciclo da segunda cultura (última colheita da pimenta).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fenologia do cajueiro 2018 e 2019

Para o ano de 2018, observou-se para o cajueiro consorciado média de altura de 1,43 m e desvio padrão de 0,42 m. Para o cajueiro solteiro a média é 1,24 m e desvio padrão de 0,37 m. (Figura 1A). Para o diâmetro do caule o cajueiro consorciado obteve média de 0,29 m e desvio padrão de 0,18 m e para o cajueiro solteiro a média é 0,22 m e desvio padrão de 0,13 m (Figura 1B).

Quanto a envergadura, o cajueiro consorciado obteve média de 2,25 m e desvio padrão de 0,94 m e para o cajueiro solteiro a média é 1,88 m e desvio padrão de 0,83 m. (Figura 1C).

Paiva *et al.*, (2002) descrevem que o 'BRS 226' apresenta em seu segundo ano de idade (1º safra) altura média de 1,01 m e diâmetro da copa de 1,57 m, cultivados na Fazenda Planalto, em Pio IX -PI. Contudo, Serrano et al. (2021), relatam que aos 405 dias após o transplante o clone 'BRS 226' em Pacajus, Ceará, Brasil (4° 11' 40" S, 38° 29' 55" W e 80 m de altitude) apresentou altura média de 98,12 cm e diâmetro do caule de 34,69 mm.

Nesse cenário a irrigação utilizada durante o primeiro ano, bem como a implantação da segunda cultura, pode favorecer o crescimento das plantas, resultando em maiores dimensões das características biométricas registradas. Por outro lado, os períodos de escassez de chuvas, característica marcante da região semiárida nordestina, podem afetar o crescimento das plantas, resultando em menor desenvolvimento.

Para a avaliação do segundo período produtivo o levantamento dos dados fenológicos ocorreu no dia 05/11/2019, no qual foram registrados os valores de altura e envergadura das plantas. Quanto à altura para o cajueiro consorciado observou-se altura

média de 2,47 m e desvio padrão de 0,39 m, para o cajueiro solteiro a altura média foi de 2,34 m e desvio padrão de 0,41 m (Figura 1D).

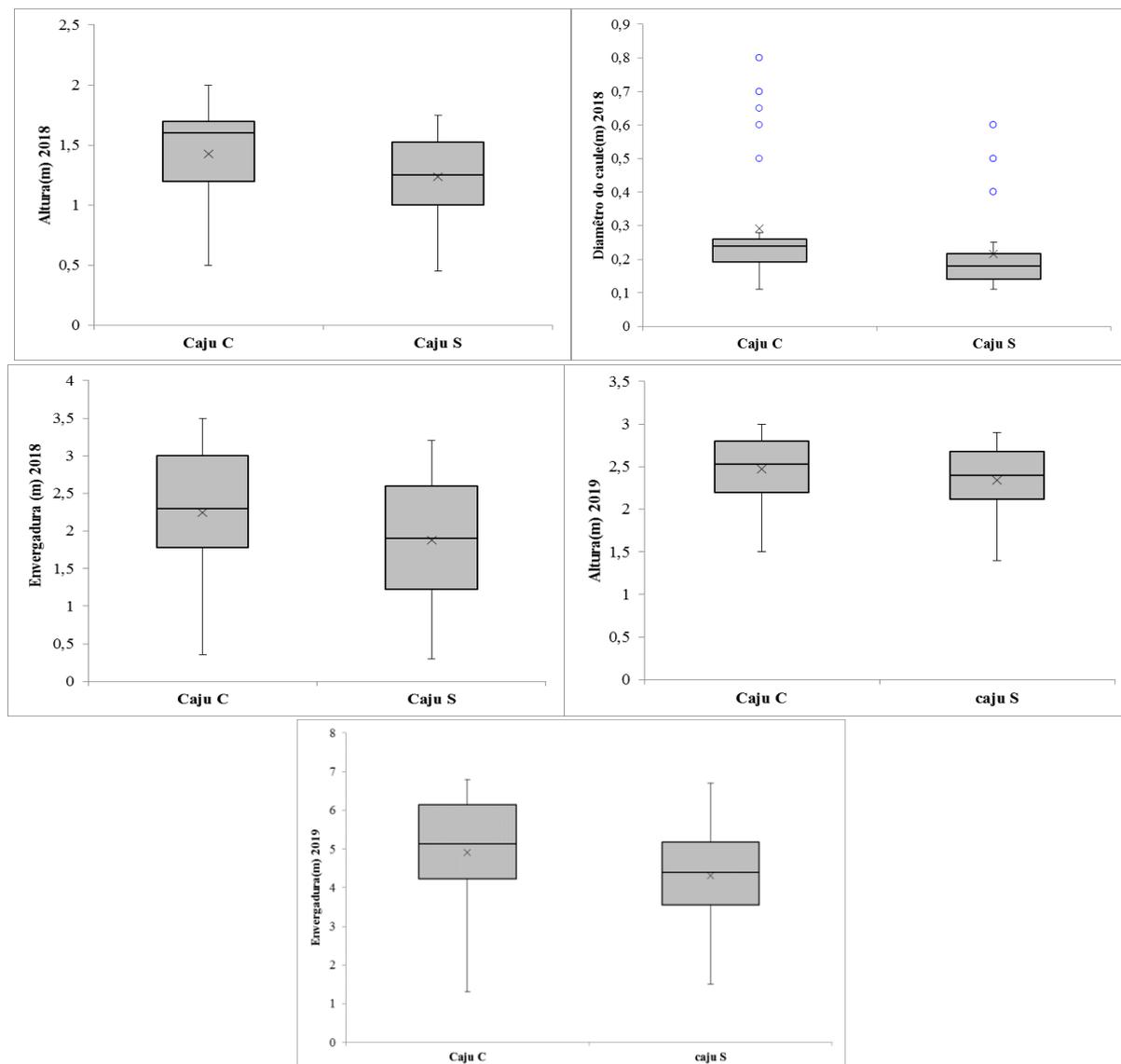


Figura 1. Dados fenológicos do cajueiro consorciado (CC) e cajueiro solteiro (CS) no período produtivo de 2018 e 2019, Paraipaba, CE, 2018. Legenda: Produtividade de 2018 para altura (A); Diâmetro (B) e Envergadura (C); Produtividade de 2019 para a Altura (D) e Envergadura (E).

Quanto a envergadura, o cajueiro consorciado obteve média de 4,9 m e desvio padrão de 1,49 m e para o cajueiro solteiro a média é 4,32m e desvio padrão de 1,17 m (Figura 1E).

Segundo Paiva e Barros (2004), o clone 'BRS 226', em cultivo de sequeiro, apresenta plantas de porte baixo, altura média de 1,24 m no terceiro ano de idade, diâmetro da copa de 2,20 m, no espaçamento de 8,0 m x 6,0 m.

Diferença que pode estar relacionada a precipitação pluviométrica de Paraipaba, CE, para o período, onde a precipitação acumulada para o ano de 2019 foi de 2.457,2 mm. Como também relacionada a poda sendo a frutificação do cajueiro periférica, deve-se evitar a eliminação excessiva de ramos, quanto mais drástica for a poda, maior será a perda de produção do cajueiro, além de diminuir o sombreamento da área sob a copa, aumentando o potencial de crescimento de plantas infestantes (Montenegro *et al.*, 2008).

Os registros das características biométricas referentes a altura, diâmetro do caule e envergadura das plantas de caju, para os dois períodos, são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Médias gerais das características biométricas das plantas de cajueiro-anão 'BRS 226', cultivadas em sistema consorciado (CC) e solteiro (CS), para os anos de 2018 e 2019. Paraipaba, CE.

| | 2018 | | | 2019 | | |
|----|--------------------|------|-------|-----------------|------|-------|
| | Altura (m) | S | CV% | Altura (m) | S | CV% |
| CC | 1,43 | 0,42 | 29,58 | 2,47 | 0,38 | 15,72 |
| CS | 1,24 | 0,37 | 30,08 | 2,34 | 0,41 | 17,64 |
| | Envergadura (m) | S | CV% | Envergadura (m) | S | CV% |
| CC | 2,25 | 0,94 | 41,87 | 4,9 | 1,49 | 30,36 |
| CS | 1,88 | 0,83 | 44,05 | 4,32 | 1,17 | 27,19 |
| | Diâmetro caule (m) | S | CV% | | | |
| CC | 0,29 | 0,18 | 63 | | | |
| CS | 0,22 | 0,13 | 58,6 | | | |

Ambos os cultivos tiveram médias de altura e envergadura e diâmetro do caule semelhantes. Períodos com maior precipitação pluviométrica, bem como a implantação da segunda cultura, pode favorecer o crescimento das plantas, resultando em maiores alturas e maiores diâmetros do caule e envergadura. Por outro lado, os períodos de escassez de chuvas, característica marcante da região semiárida nordestina, podem afetar o crescimento das plantas, resultando em menor desenvolvimento.

Estudos observados por Miranda *et al.*, (2019) o cajueiro-anão irrigado e consorciado com mamão e melancia, aos dois anos de idade, apresenta altura média próxima de 2 (dois) metros, quando consorciado com banana ou cultivo solteiro apresentou

altura inferior. Com relação ao diâmetro da copa, os mesmos autores verificaram valores inferiores a 4 (quatro) metros para todas as situações observadas.

No entanto, é importante ressaltar que outros fatores também podem influenciar o crescimento das plantas, como a temperatura, a disponibilidade de nutrientes no solo, o manejo agrícola, entre outros. Portanto, para uma análise mais completa e precisa da associação entre o crescimento das plantas, é necessário considerar todos esses aspectos em conjunto.

Período de Interação com a pimenta 'BRS Avai'

No primeiro cultivo de pimenta (2018) o caju estava com 474 dias após seu plantio. O ciclo da pimenta a campo foi de 259 dias, sendo esse o seu período de convivência com o caju, neste período produtivo (Tabela 2). No segundo plantio (2019) de pimenta, o caju estava com 935 dias após seu plantio. O ciclo da pimenta a campo foi de 250 dias, sendo este o período de convivência com o caju neste período produtivo

Tabela 2. Plantio, Início e última colheita, Duração da colheita (dias), Período de convivência (dias). Paraipaba, CE, 2018.

| Tratamentos | Plantio | Início e última colheita | Duração da colheita (dias) | Período de convivência (dias) |
|-------------|------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Caju S | 22/02/2017 | 23/08/2018 - 20/12/2018 | 119 | - |
| Caju C | 22/02/2017 | 23/08/2018 - 20/12/2018 | 119 | 259 |
| Pimenta S | 11/06/2018 | 03/10/2018 - 25/02/2019 | 145 | - |
| Pimenta C | 11/06/2018 | 03/10/2018 - 25/02/2019 | 145 | 259 |
| Ano: 2019 | | | | |
| Caju S | 22/02/2017 | 04/10/2019 - 26/12/2019 | 83 | - |
| Caju C | 22/02/2017 | 04/10/2019 - 26/12/2019 | 83 | 250 |
| Pimenta S | 15/09/2019 | 10/01/2020 - 22/05/2020 | 133 | - |
| Pimenta C | 15/09/2019 | 10/01/2020 - 22/05/2020 | 133 | 250 |

A colheita do caju pode ser influenciada por vários fatores, incluindo o estágio de desenvolvimento da planta, a época do ano, as condições climáticas e as práticas de manejo adotadas. As árvores maduras, geralmente, produzem mais frutos em um período mais curto, resultando em uma colheita mais concentrada em algumas semanas ou meses (Figura 3)

Essa concentração ocorre em resposta a fatores como mudanças sazonais, disponibilidade de água e outros fatores ambientais que estimulam a floração e frutificação.



Figura 3. Frutificação do cajueiro-anão 'BRS 226'. Paraipaba, CE, 2019.

O tempo de interação entre culturas agrícolas não apenas molda as estratégias de cultivo, levando em consideração a adaptação mútua ao ambiente, mas também exerce influência sobre os processos colaborativos

Produtividade dos cultivos consorciado e solteiro

A Produção do Cajueiro Consorciado (CC) em 2018 foi de 7.037 unidades de Castanha, com produção total de 62,45 Kg, com peso médio de castanhas de 8,87 (g), as atividades de colheita totalizaram 15 operações, estendeu-se do dia 23/08/2018 a 20/12/2018, o percentual máximo de plantas que produziram foi de 79,16%, com produtividade estimada de 271,03 Kg/ha. Para a situação de Cajueiro Solteiro (CS) foi observada a produção de 2.821 unidades de castanhas, produção total de 28,37 Kg, com peso médio de castanhas de 10,05 (g), para essa situação o percentual máximo de plantas que produziram foi de 60,42%, com produtividade estimada de 123,12 Kg/ha. O maior número de castanhas (1.043) ocorreu na décima primeira colheita para o caju consorciado (CC), e na decima segunda colheita como para o cajueiro solteiro (661). Paiva *et al.* (2009), apontam que o peso da amêndoa é de 2,7(g), e a relação amêndoa/castanha de 22,1%, sendo o peso da castanha de 9,7 (g). (Figura 4). A maior produção ocorreu na

décima primeira colheita tanto para o caju consorciado (CC), de 10,28 Kg, e para o cajueiro solteiro (CS) de 9,07 Kg (Figura 4).

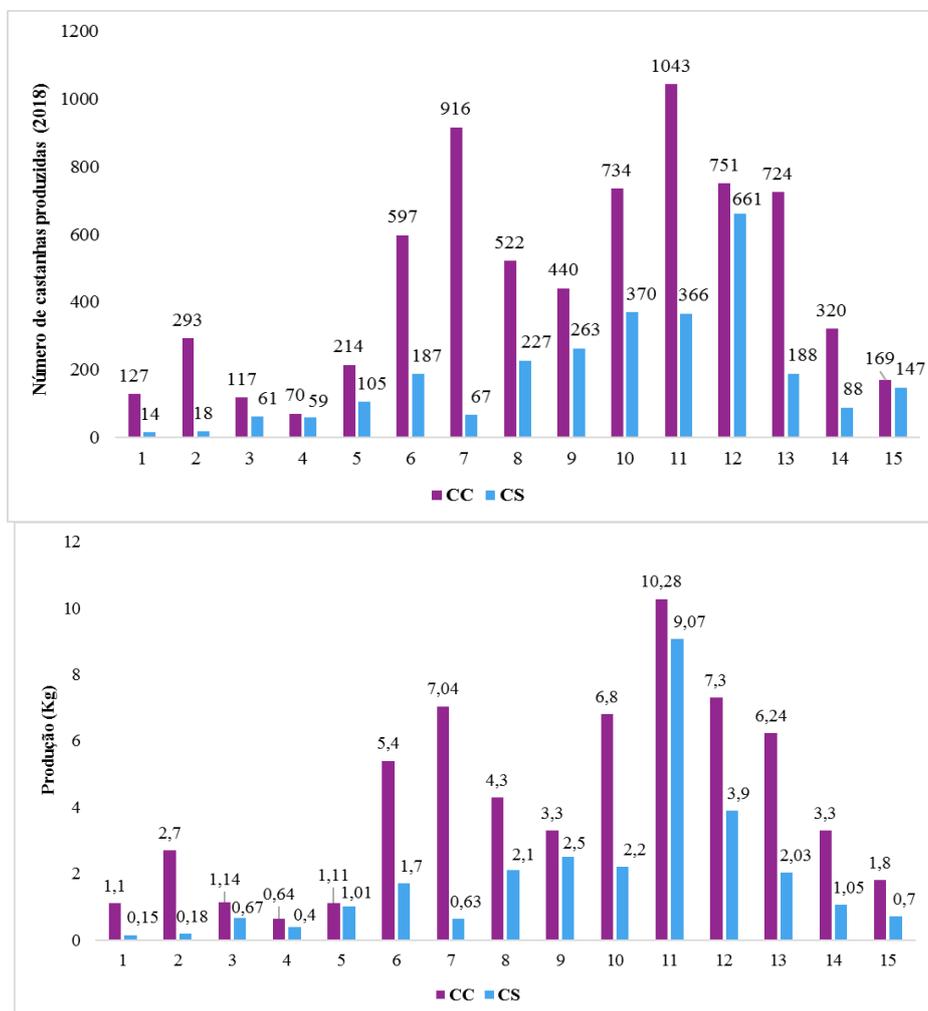


Figura 4. Número de castanhas produzidas, em quinze operações de colheita, para o caju consorciado (CC) e caju solteiro (CS), na produtividade de 2018 e 2019, Paraipaba, CE, 2018.

Paiva e Barros (2004), relatam que a produção de castanhas para o 'BRS 226' em seu segundo ano de idade (1º safra) é de cerca de 234,6 kg/ha/safra. Valor este próximo ao estimado para o caju consorciado (271,03 Kg/ha) e superior ao caju solteiro (123,12 kg/ha).

Para o caju consorciado a média de castanhas/planta/safra foi de 147 castanhas. Enquanto para o caju solteiro a média de castanhas/planta/safra foi de 59 castanhas. (Figura 5). Para a pimenta consorciada (PC) a maior produção ocorreu na nona colheita (44,0kg), e para a pimenta solteira (PS), ocorreu na terceira colheita (43,3kg). (Figura 6).

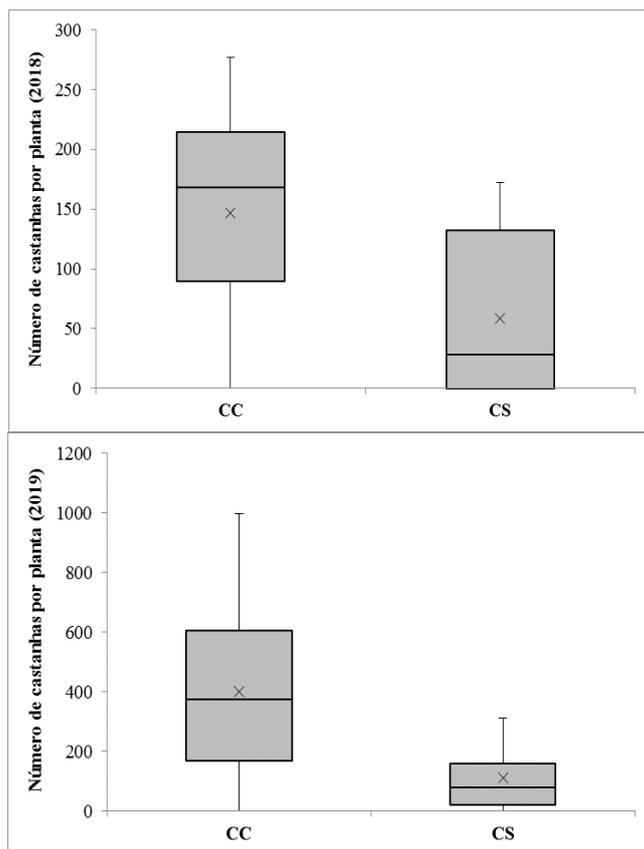


Figura 5. Número médio de castanhas por planta para o período produtivo de 2018 e 2019, para o caju consorciado (CC) e caju solteiro (CS) Paraipaba, CE, 2018.

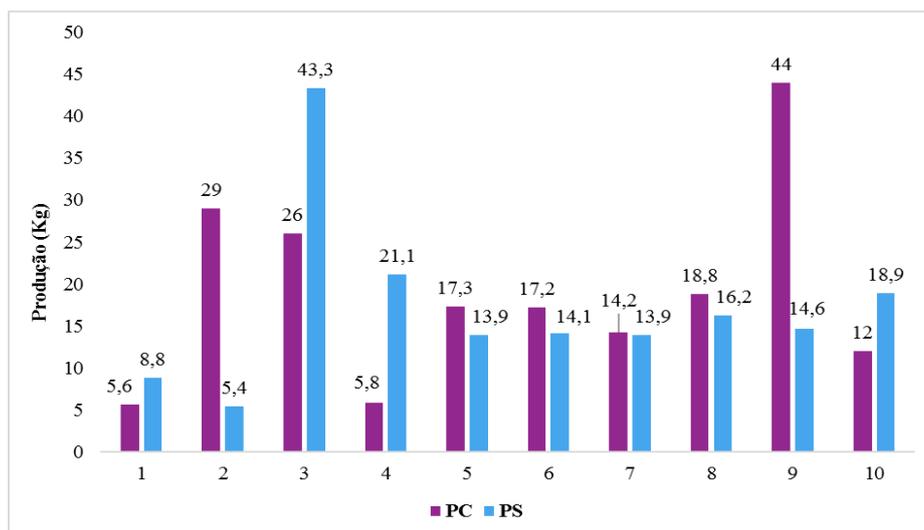


Figura 6. Produção de pimenta (Kg) em dez operações de colheita, pimenta consorciada (PC) e pimenta solteira (PS) Paraipaba, CE, 2018/2019.

A produção total da pimenta consorciada (PC) em 2018 foi de 180,9 Kg, com produtividade estimada de 1.099,2 Kg/ha considerando a situação do consórcio. Para a pimenta solteira (PS) obteve produção de 198,2 Kg, com produtividade estimada de 2.752,78 Kg/ha. As atividades de colheita totalizaram 10 operações, estendeu-se do dia 03/10/2018 a 25/02/2019.

A produção do Cajueiro Consorciado (CC) em 2019 foi de 19.263 unidades de castanha, com produção total de 198,2 Kg, com peso médio de castanhas de 10,29 (g), as atividades de colheita totalizaram 6 operações, estendeu-se do dia 04/10/2019 a 26/12/2019. O percentual máximo de plantas que produziram foi de 81,25% para o cajueiro consorciado, com produtividade estimada de 860,23 Kg/ha. Para a situação de Cajueiro Solteiro (CS) foi observada a produção de 5.382 unidades de castanhas, com produção total de 50,04 Kg, e peso médio de 9,30 (g), para essa situação o percentual máximo de plantas que produziram foi de 60,42%, com produtividade estimada de 217,2 Kg/ha.

O maior número de castanhas (5.001) ocorreu na segunda colheita para o caju consorciado (CC), e na quarta colheita para o cajueiro solteiro (1842). (Figura 7). A maior produção ocorreu na segunda colheita para o caju consorciado (CC), sendo de 43,03 Kg, e para o cajueiro solteiro (CS) ocorreu na quarta colheita (16,05 Kg) (Figura 8).

Conforme o cajueiro atinge sua fase adulta, ele desenvolve sistemas de raízes mais robustas, maior capacidade de armazenamento de nutrientes e maior vigor. Com isso, a produção de frutos tende a aumentar significativamente. As plantas com mais idade produzem uma quantidade superior de frutos do que as plantas mais jovens.

O 'BRS 226', conforme relatam Barros e Paiva (2004), em seu terceiro ano de idade (2º safra) tem produtividade de 243,4 Kg/ha/safra. Valor este inferior ao estimado para o caju consorciado (860,23 Kg/ha) e próximo ao caju solteiro (217,2 Kg/ha).

Para o caju consorciado a média de castanhas/planta/safra foi de 401 castanhas. Enquanto para o caju solteiro a média de castanhas/planta/safra foi de 112 castanhas. (Figura 5).

Para a pimenta a maior produção ocorreu na nona colheita (44,2 Kg) para pimenta consorciado (PC), e para a pimenta solteira (PS), ocorreu na quarta colheita (41,5 Kg) (Figura 8).

A Produção da pimenta consorciada (PC) foi de 192,55 Kg, com produtividade estimada de 1.170 Kg/ha. Para a situação de pimenta solteira (PS) obteve produção de

202,83Kg, com produtividade estimada de 2.817,1 Kg/ha. As atividades de colheita totalizaram 10 operações, estendeu-se do dia 10/01/2020 a 22/05/2020. A produção e produtividade das áreas experimentais pode ser observada na tabela 4.

Miranda et al. (2019), relatam que independentemente do tipo de consórcio, no segundo ano de cultivo irrigado o clone de cajueiro-anão 'BRS 226' apresentou médias de produtividades de castanha e de pedúnculo superiores aos clones BRS 189 e CCP 76. Sendo o 'BRS 226' o mais indicado tanto em consórcio quanto em cultivo solteiro. Os mesmos autores relatam que o cajueiro solteiro para os dois primeiros anos de cultivo, apresentou lucro operacional negativo, o consórcio caju/mamão e caju/banana apresentaram resultados econômicos positivos e superior ao cultivo caju/melancia considerando apenas um ciclo de cultivo.

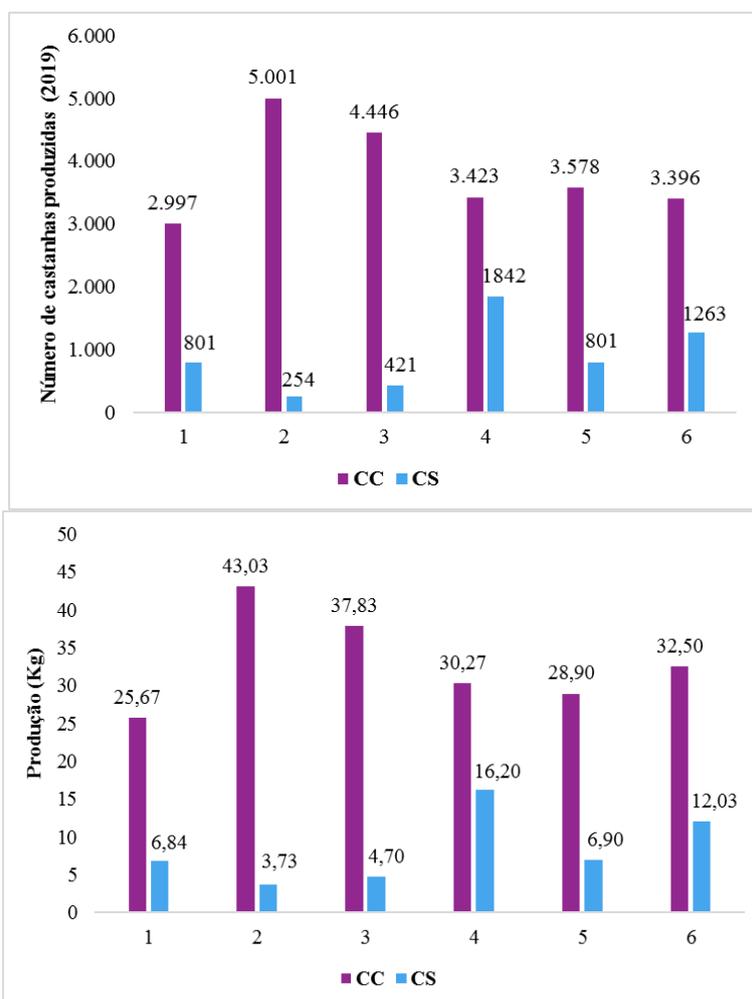


Figura 7. Número de castanhas produzidas, em seis operações de colheita, na produtividade de 2018 e 2019 para o caju consorciado (CC)

e caju solteiro (CS) Paraipaba, CE, 2019.

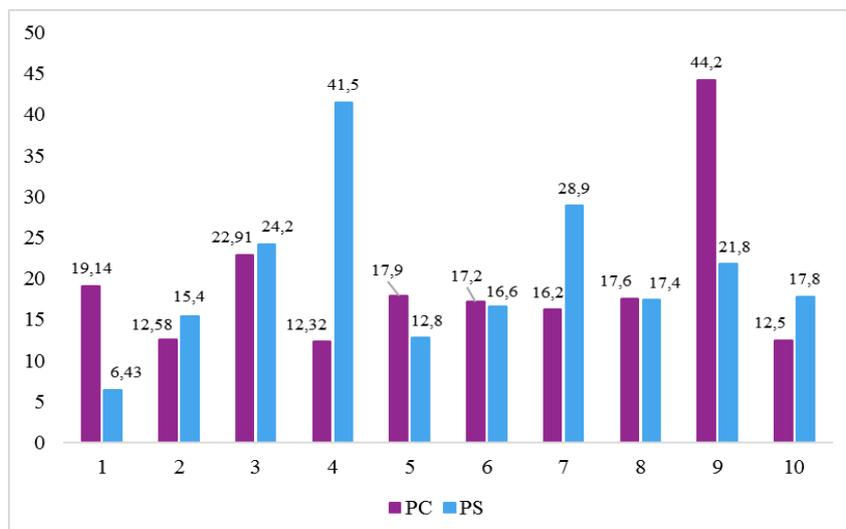


Figura 8. Produção de pimenta (Kg), em dez operações de colheita, pimenta consorciada (PC) e pimenta solteira (PS) Paraipaba, CE, 2019/2020.

Tabela 4. Número de castanhas produzidas, Peso médio de castanhas (PMC), Número de castanhas produzidas por planta em cada safra, Produção e Produtividade estimada para os cultivos consorciado e solteiro. Paraipaba, CE.

| 2018 | | | | | |
|---------|----------------------|---------|-----------------|-------------|-----------------------|
| CULTIVO | CASTANHAS | PMC (g) | NC/PLANTA/SAFRA | PRODUÇÃO Kg | PRODUTIVIDADE (Kg/ha) |
| CC | 7.037 | 8,87 | 147 | 62,45 | 271,03 |
| CS | 2,821 | 10,05 | 59 | 28,37 | 123,12 |
| PC | - | - | - | 180,9 | 1.099,20 |
| PS | - | - | - | 198,2 | 2.752,78 |
| 2019 | | | | | |
| CULTIVO | CASTANHAS (Unidades) | PMC (g) | NC/PLANTA/SAFRA | PRODUÇÃO Kg | PRODUTIVIDADE (Kg/ha) |
| CC | 19.263 | 10,29 | 401 | 198,2 | 860,23 |
| CS | 5.382 | 9,3 | 112 | 50,04 | 217,2 |
| PC | - | - | - | 192,55 | 1.170,0 |
| PS | - | - | - | 202,83 | 2.817,1 |

Quanto a Pimenta 'BRS Avai', trata-se de um produto de alto valor agregado in natura (Figura 14), e como já elucidado por Pereira (2011), produz a matéria-prima que pode ser utilizada tanto na indústria, como pela agricultura familiar para a produção dos

molhos de pimenta (principal utilização), proporcionando incremento de renda, desde que se tenha mão de obra disponível. E explana ainda o seu uso em remédios, cosméticos, spray de pimenta, etc.

Por possuir ciclo rápido quando comparada as frutíferas, sendo de aproximadamente 250 dias em campo, pode ser realizado três ciclos de cultivo dentro desse período de dois anos (formação do pomar). Contribuindo assim, para a renda do agricultor familiar e dos pequenos e médios produtores durante esse período de estabelecimento da cultura principal, que apresenta nos primeiros dois anos lucro operacional negativo, conforme descrito por Miranda *et al.*, (2019).

CONCLUSÕES

O consórcio entre o cajueiro-anão 'BRS 226' e a pimenta 'BRS Avai' é viável para os anos iniciais do cajueiro.

A produtividade estimada do caju consorciado foi de 271,03 Kg/ha na primeira safra e 860,23 Kg/ha na segunda safra, e o cultivo solteiro foi de 123,12 Kg/ha e 217,2 Kg/ha, respectivamente. A produtividade da pimenta consorciada foi estimada em 1.099,2 Kg/ha na primeira safra e de 1.170 Kg/ha na segunda safra, e o cultivo solteiro foi de 2.752,78 Kg/ha e 2.817,1 Kg/ha, respectivamente.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Maria de Jesus Nogueira; BARRETO JÚNIOR, José Hugo Cavalcante; BADU, Fernando Olinto. Dados climatológicos: Estação de Paraipaba, 2004. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 84. P.16. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/749141/1/Dc084.pdf>. Acesso em 20 ago. 2023.

ARAÚJO, Tácito Almeida; TOMA, Shiso Raul; GONDIM, Rubens Sonsol; Taniguchi, Carlos Alberto Kenji; DA SILVA Janderson Pedro. Caracterização e classificação de solos do campo experimental do Curu, Paraipaba, CE. 2021. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 196. P.16. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1137370/1/DOC-196.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2023.

BARROS, Levi de Moura; PIMENTEL, Carlos Roberto Machado; CORRÊA, Maria Pinheiro Fernandes; MESQUITA, Antônio Lindemberg Mesquita. Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precoce. Fortaleza: EmbrapaCNPAT, Circular Técnica, p. 65, 1993. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/3153/1/Ci-001.pdf>. Acesso em 08 jul. 2023.

CRISÓSTOMO, João Ribeiro; FURTADO, Roselayne Ferro; DE ABREU, Francisco Rogério; CRISÓSTOMO, Lindberg Araújo; MIRANDA, Fábio Rodrigues; BLEICHER, Ervino; RODRIGUES, Sandra Maria Moraes; WEBER, Olmar Baller; REIS, Ailton; FILHO, Raimundo Rodrigues Rocha; GONDIM, Rubens Sonsol; GIRÃO, Enio Giuliano. Cultivo de pimenta tabasco no Ceará, Embrapa Agroindústria Tropical: Fortaleza. 2006. Sistemas de Produção 3. p. 41. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426493/1/Sp003.pdf>. Acesso em 15 jul. 2023.

CRISÓSTOMO, Lindbergue Araujo; SANTOS, Francisco Jose de Seixas; DE OLIVEIRA, Victor Hugo; RAIJ, Bernardo Van; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; SILVA, Carlos Alberto; SOARES, Ismail. Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação. Embrapa Agroindústria Tropical: Fortaleza. 2003. Circular Técnica 08. p.8. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/424408/1/Ci008.pdf>. Acesso em 05 jul. 2023.

HENZ, Gilmar Paulo; MORETI, Celso Luiz. Colheita e pós-colheita de pimenta (*Capsicum spp.*) Embrapa Hortaliças, Sistema de Produção de (*Capsicum spp.*). Brasília, DF. 2008. 149-156p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212748/1/Pimentas-Capsicum.pdf>. Acesso em 12 jul. 2023.

HERNANI, Luis Carlos; DE SOUZA, Luiz Carlos Ferreira; CECCON, Gessi. Sistema Plantio Direto. Consorciação de Culturas. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fazendo-certo/planejando-e-executando/fase-de-implantacao/organizando-o-sistema-produtivo/consorciacao-de-culturas>. Acesso em: 09 jul. 2017.

MIRANDA, Fábio Rodrigues de; PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato de Paula; LUZ, Herbson Ismael Honório; ROCHA, Abel Bruno da Silva; GUIMARÃES, Victor Beviláqua. Consórcio do cajueiro-anão irrigado com fruteiras tropicais na fase de implantação do pomar. Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico 258. 2019. p. 13. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1113768/1/CT258.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2023.

MIRANDA, Fábio Rodrigues de; GONDIM, Rubens Sonsol; DE OLIVEIRA, Victor Hugo. Irrigação em cajueiro-anão-precoce. Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos 16. 2013. P.32. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/981663/1/DOC13006.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2023.

MONTENEGRO Afrânio Arley Teles; CARBAJAL, Álfio Celestino Rivera; DE ANDRADE, Ana Paula Silva; MESQUITA, Antônio Lindemberg Martins; DE AQUINO, Antônio Renes Lins; FREIRE, Francisco das Chagas Oliveira; OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; FILHO, Geraldo Correia de Araújo; DE PAIVA, João Rodrigues; PAZ, José de Sousa; PARENTE, José Ismar Girão; MOSCA, José Luiz; BARROS, Levi de Moura; CRISÓSTOMO, Lindbergue Araújo; PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato de Paula; SILVEIRA, Sidnéia Souza; OLIVEIRA, Vitor Hugo. Cultivo do Cajueiro-Anão Precoce. Sistema de Produção 1. ISSN 1678-8702, Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza, CE. p. 44, 2008. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/421404/1/Sp012aed.pdf>. Acesso em 06 jul. 2023.

OLIVEIRA, Vitor Hugo de; DE ANDRADE, Ana Paula Silva; PAIVA, Francisco Fábio de Assis; CARBAJAL, Álfio Celestino Rivera. Colheita e pós-colheita de castanha de cajueiro-anão precoce na produção integrada de frutas. 2004. Circular Técnica nº18. Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. p. 4. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/8141/1/Ci-018.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2023.

OLIVEIRA, Vitor Hugo de; MONTENEGRO, Afrânio Arley Teles; CARBAJAL, Álfio Celestino Rivera; MESQUITA, Antônio Lindemberg Martins; DE AQUINO, Antônio Renes Lins; FREIRE, Francisco das chagas Oliveira; OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; FILHO, Geraldo Correia de Araújo; DE PAIVA, João Rodrigues; PAZ, José de Sousa; PARENTE, José Ismar Girão; MOSCA, José Luiz; BARROS, Levi de Moura; CRISÓSTOMO, Lindbergue Araújo; PESSOA, Pedro Felizardo Adeodato de Paula; SILVEIRA, Sidnéia Souza. Cultivo do Cajueiro Anão Precoce. Sistemas de Produção 1. Embrapa Agroindústria Tropical, 2002, p 42. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426705/1/Sp001.pdf>. Acesso em 12 jul. 2023.

PAIVA, João Rodrigues de; CARDOSO, José Emilson; BARROS, Levi de Moura; CRISÓSTOMO, João Ribeiro; CAVALCANTI, José Jaime Vasconcelos; ALENCAR, Eustáquio da Silva. Clone de cajueiro-anão precoce BRS 226 ou Planalto: nova alternativa para o plantio na região semi-árida do Nordeste. Embrapa Agroindústria Tropical. 2002. Comunicado Técnico 78. P. 4. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/7865/1/ct_78.pdf. Acesso em: 09 jul. 2023.

PAIVA, João Rodrigues de; OLIVEIRA, Vitor Hugo de; BARROS, Levi de Moura; CAVALCANTI, José Jaime Vasconcelos. Apoio do BNB à pesquisa e desenvolvimento da Fruticultura Regional. Série BNB Ciência e Tecnologia nº 04. Clones de cajueiro: recomendação, plantio e irrigação na Região Nordeste. Capítulo 6. 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/574396/1/CL09003.pdf>. Acesso em 05 jul. 2023.

PAIVA, João Rodrigues de; BARROS, Levi de Moura. Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, v. 82, p. 26, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/7886/1/doc82.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2023.

PEREIRA, Rita de Cassia Alves; CRISÓSTOMO, João Ribeiro. Agronegócio Pimenta no Ceará. Hortic. bras, v. 29, n. 2, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45503/1/AB111009.pdf>. Acesso em 08 jul. 2023.

PORTO, Everaldo Rocha.; GARAGORRY, Fernando Luis.; SILVA, Aderaldo de Souza; MOITA, Antônio Williams. Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 23).

SERRANO, Luiz Augusto Lopes; MELO, Dheyne Silva.; VIDAL NETO, Francisco das Chagas. Poda de formação de clones de cajueiro-anão durante o primeiro ano pós-plantio no campo. Embrapa Agroindústria Tropical: Fortaleza. BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 211. 2021. p. 30. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1129712/1/BP-211.pdf>. Acesso em 06 jul. 2023.

SILVA, Anselmo F.; SOUSA, Valéria F. de O.; DOS SANTOS, Gisele L.; JÚNIOR, Eugênio S. Araújo; DA SILVA, Sérgio L. F.; DE MACEDO, Cristiane E. C.; DE MELO, Alberto S.; MAIA, Josemir M. Antioxidant protection of photosynthesis in two cashew progenies under salt stress. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p388>. Acesso em: 06 jun. 2023.

WEIH, Martin; MÍNGUEZ, Maria Inés.; TAVOLETTI, Stefano. Intercropping Systems for Sustainable Agriculture. *Agriculture* 2022, 12, 291. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020291>.

Análise estratégica do laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade através de ferramentas de gestão

Autores:

Karla Aparecida Nascimento da Costa

Graduanda em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca. Bolsista do PIBIC/CNPq-UEPB

Messias Firmino de Queiroz

Doutor em Engenharia Agrícola. Especialista em Agribusiness. Professor da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Lagoa Seca

Deise Souza de Castro

Doutora em Engenharia Agrícola. Professora da UEPB, Lagoa Seca

Natália Dias Berto Minino

Graduanda em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca.

Beatriz Gomes da Silva

Graduanda em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca.

Josely Dantas Fernandes

Doutor em Recursos Naturais, Técnico Administrativo da UEPB, Lagoa Seca

DOI: 10.58203/Licuri.22187

Como citar este capítulo:

COSTA, Karla Aparecida Nascimento *et al.* Análise estratégica do laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade através de ferramentas de gestão. In: Andrade, Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 20-31.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

A exploração da caprinocultura desempenha papel relevante como fonte de proteínas e importante fator socioeconômico para os pequenos produtores. Objetivava-se com esta pesquisa estudar o Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade através da aplicação de ferramentas de gestão da qualidade. A pesquisa foi realizada no Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade, localizado no Sítio Faustino, município de Soledade, Cariri paraibano, durante o período de 01 de setembro de 2022 até 31 de agosto de 2023. 1º) Aplicaram-se questionários sobre a propriedade rural do laticínio e entrevistas com os gestores e consumidores do Laticínio. 2º) Fez-se um levantamento através da Matriz SWOT classificando suas Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças. 3º) Utilizou-se a ferramenta de gestão Matriz de GUT, para priorização das fraquezas. 4º) Aplicou-se a solução para os problemas através de Brainstorming (gerar novas ideias) e 5W2H. 5º) Identificaram-se as opiniões dos consumidores do Laticínio. 6º) Tabularam-se recomendações para o Laticínio. Conclui-se que as ferramentas de gestão da qualidade aplicadas, assim como a opinião dos consumidores, mostraram-se eficazes quanto aos seus objetivos, possibilitando uma análise gerencial detalhada da startup e da aceitação comercial do que é produzido pelo laticínio. O Laticínio apresenta condições favoráveis para continuar crescendo e ocupando mais espaço no tão concorrido mundo dos negócios. Recomenda-se, com mais urgência, assistência técnica periódica, correções na infraestrutura física dos apriscos, no manejo dos caprinos e no setor agroindustrial de beneficiamento e transformação do leite.

Palavras-chave: Empreendedorismo. Caprinocultura leiteira. Agroindústria artesanal. Derivados de leite de cabra. Startup.

INTRODUÇÃO

A caprinocultura é uma atividade difundida em todo território brasileiro, principalmente na região do Semiárido nordestino, sobretudo no Cariri paraibano. A sua exploração desempenha papel relevante como fonte de proteínas e importante fator socioeconômico e cultural para o crescimento e desenvolvimento da região e também se bem organizada pode beneficiar todos os atores envolvidos em sua cadeia produtiva.

Atualmente é uma atividade bastante praticada e potencialmente crescente, principalmente nas regiões semiáridas do Nordeste Brasileiro. Segundo dados do Censo Agropecuário 2017, a quantidade produzida de leite de cabra por região brasileira, estima-se em 182.000 litros no Norte, 17.693.000 litros no Nordeste, 6.257.000 litros no Sudeste, 778.000 litros no Sul e 444.000 litros no Centro-Oeste. Destacando o Estado da Paraíba como maior produtor de leite caprino do país, tendo a produção anual estimada de 5.627.000 litros. Ainda de acordo com o IBGE (2014), o rebanho efetivo de caprinos no Nordeste obteve um crescimento de 18,38% nos últimos 10 anos, chegando a 7,6 milhões de cabeças, o que representa aproximadamente 90% do rebanho nacional (ARAÚJO NETO, 2019).

Como observado por Silva Lima et al. (2021), as startups nascem e/ou estão inseridas em um universo de incertezas que envolve o seu crescimento, a sua posição em relação às empresas concorrentes e, dentre outras, as necessidades dos seus usuários, o que pode apresentar grandes riscos financeiros, administrativos etc. Dessa forma, o processo de inovação, seja no aperfeiçoamento ou na geração de empresas, atrelado ao acesso, à gestão e ao uso de informações deve ser considerado um dos principais ingredientes para que as startups obtenham sucesso e se mantenham ativas no cenário competitivo.

Planejamento é o caminho que o produtor rural deve fazer para ajustar seus objetivos às suas metas. É necessário pensar na propriedade organizando as ideias em relação aos seus pontos fortes e fracos. Além disso, o produtor foi analisar, junto com todas as pessoas da família que fazem parte da tomada de decisões sobre a propriedade, a respeito das oportunidades e ameaças que existem dentro e fora da porteira em relação à propriedade e a sua produção. O produtor precisa ainda analisar as áreas de terra de que dispõe para plantar e manejar, bem como as máquinas e equipamentos necessários, a demanda de mão de obra, os ciclos produtivos de cada produto, os animais existentes e

os gastos envolvidos, sejam para produção agrícola ou para a criação animal (LEITE et al., 2017).

As ferramentas da qualidade foram estruturadas a partir da década de 50, com base em conceitos e práticas existentes. O uso das ferramentas tem sido de grande valia para os sistemas de gestão, contribuindo para melhoria de produtos, serviços e processos. Tais ferramentas podem ser descritas como técnicas utilizadas quando a finalidade é definir, mensurar, analisar e propor soluções para problemas que eventualmente são encontrados e interferem no bom desempenho dos processos produtivos (MACHADO, 2012).

Para analisar as startups, a Administração e Economia Rural proporcionam aos gestores condições de efetuarem o planejamento e controle do processo de gestão dos negócios. Nessa ótica, e visando auxiliar os empreendedores, diversas ferramentas de gestão podem ser utilizadas no processo de maximização dos fatores de produção para a obtenção de maior rentabilidade dos empreendimentos (ANDRADE, et al. 2011). Objetiva-se com esta pesquisa estudar o Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade através da aplicação de ferramentas de gestão da qualidade.

METODOLOGIA

Atualmente, é perceptível a expansão e o surgimento de pequenos empreendimentos inovadores que se encaixam na definição de startup. Isso se comprova no município de Soledade no Cariri paraibano com tradição na caprinocultura de corte e de leite, é considerado uma referência regional em empreendedorismo e associativismo, um exemplo com microempresas artesanais que geram emprego e renda à população local, destacando-se o empreendedor Rafael de Oliveira Silva, Gestor Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade.

A pesquisa foi exploratória e de natureza qualitativa. Especificamente, levantando um estudo de caso, caracterizando-se como uma estratégia de pesquisa científica que analisou o empreendimento Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade em seu contexto atual, real e as variáveis que o influenciaram e também foram analisadas as opiniões dos gestores e consumidores sobre o laticínio e os produtos e subprodutos comercializados.

A pesquisa foi realizada no Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade, empreendimento localizado no Sítio Faustino com 4,5 hectares, município de Soledade, Cariri paraibano, durante o período de 01 de setembro de 2022 até 31 de agosto de 2023.

Na primeira etapa foram aplicados questionários semiestruturados adaptados de Araújo Neto (2019) desenvolvidos com o intuito específico de caracterizar o sistema produtivo da caprinocultura leiteira da propriedade, das demais atividades desenvolvidas pelo Laticínio e por último foi entrevistar os gestores e consumidores do Laticínio sobre os produtos e subprodutos comercializados e outras informações importantes relacionadas à cadeia produtiva da caprinocultura de leite no Cariri paraibano.

No segundo momento, foi feita uma análise dos questionários aplicados. Após essa análise ocorreu a identificação dos fatores externos e internos que interferiram ou contribuíram para o desempenho da propriedade, levantamento das oportunidades, ameaças, pontos fortes e fracos encontrados no sistema de produção pesquisado, através da matriz de SWOT. Para tal, foi utilizada a ferramenta de gestão brainstorming (tempestade de ideias).

Na terceira etapa foi utilizada a ferramenta de gestão matriz de GUT, para determinar a priorização das fraquezas, classificando-as em mais grave, mais urgente e com maior tendência a piorar. Os itens foram listados em uma planilha, a partir da multiplicação entre as respectivas notas (GxUxT), ranqueadas em ordem decrescente, identificando com isso as prioridades.

Na quarta etapa, ainda focando nas fraquezas, foi proposta a solução para os problemas através de Brainstorming e 5W2H. Ressaltando que, devido às diferentes causas e naturezas dos problemas, algumas destas ferramentas não se aplicaram a todas as fraquezas encontradas e analisadas.

Na quinta etapa deste estudo de caso, foram realizadas pesquisas de satisfação, através da aplicação de questionários, identificando as opiniões dos consumidores do Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade sobre os produtos e subprodutos comercializados (Queijos diversos, requeijão diversos e doces diversos) e também sobre questões diversas do empreendimento.

Nesta etapa da pesquisa, 44 pessoas provaram os tipos de requeijão, 48 pessoas provaram os tipos de doces de leite e 40 pessoas provaram os tipos de queijos. Os consumidores provaram 4 tipos de amostras de cada produto e em seguida pontuavam o produto com uma nota de 1 a 9, sendo 9- Gostei muitíssimo; 8- Gostei muito; 7-Gostei moderadamente; 6- Gostei ligeiramente; 5- Nem gostei nem desgostei; 4- Desgostei ligeiramente, 3-Desgostei moderadamente; 2- Desgostei muito e 1- Desgostei muitíssimo.

Desse modo, eles deram notas para a cor, o aroma, o sabor e a textura dos requeijões, dos queijos e dos doces. a faixa etária dos consumidores variou de 17 até 70 anos.

As respostas dos questionários aplicados foram analisadas através da metodologia SWOT e elencadas como pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades. Por último, foram tabuladas recomendações a curto e a longo prazo a serem propostas ao gestor do Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade a partir dos resultados da presente pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise SWOT aplicada junto ao empreendimento (Tabela 1) traz informações pertinentes e demonstram a situação real do negócio agroindustrial. É possível observar tanto situações positivas, quanto negativas, mas também oportunidades para melhorar o cenário e tentar reduzir os pontos fracos e as ameaças. Fica claro que a maioria das fraquezas estão relacionadas a escassez de recursos do gestor e que a maioria das ameaças estão relacionadas as políticas governamentais inconstantes e precárias. Também é possível analisar que o gestor possui muitas qualidades e experiência no setor da caprinocultura leiteira. Essas qualidades de fato ajudam no crescimento e desenvolvimento desse pequeno microempreendedor. A análise SWOT (Tabela 1) configura-se como sendo um sistema simples utilizado para posicionar ou verificar a posição estratégica da empresa, segmento ou atividade. É uma sigla oriunda do inglês e é um acrônimo de Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats) (DANTAS; MELO, 2008).

A matriz GUT foi utilizada após a elaboração da SWOT com intuito de definir a priorização das ações corretivas para o negócio. É uma ferramenta que possibilita ao seu usuário a formação de uma visão ampla do que precisa realizar ou fazer, orientando assim as suas ações (MEIRELES, 2001 apud BEZERRA, 2013). De acordo com Oliveira et al. (2016) a matriz GUT serve para classificar um problema de acordo com a gravidade de suas incidências.

Essa ferramenta gerencial foi utilizada para priorizar a tomada de decisão, levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência do evento relacionado. A partir dessas variáveis, o gestor pode agir com base em um escalonamento, identificando quais complicações devem ser resolvidas primeiro (FAVERI; SILVA, 2016, p. 100).

Tabela 1. Análise SWOT aplicada no laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade no ano de 2023.

| Análise de SWOT | | |
|------------------|---|---|
| | Forças | Fraquezas |
| Fatores Internos | <ul style="list-style-type: none"> - Possui conhecimento técnico e gerencial. - Exerce atividade empresarial para melhorar a qualidade de vida. - Possui grande variedade de produtos e subprodutos. - Possui estratégias criativas na produção agroindustrial. - Não cria os machos junto das fêmeas. - Sanidade animal em dia. - Destaque em eventos com várias premiações. - Curral rústico, mas bem organizado. | <ul style="list-style-type: none"> - Baixo capital de giro (escassez de recursos). - A oferta de leite produzido não supre a demanda. - Faltam equipamentos no beneficiamento e transformação do leite. - Instalações rústicas e incompletas. - Equipe bem limitada para executar as atividades diárias. - Faltam recursos para contratar assistência técnica contínua. - Faltam recursos para suplementar a alimentação animal com ração. - Nem sempre há todos os produtos e subprodutos disponíveis à venda. |
| | Oportunidades | ameaças |
| Fatores Externos | <ul style="list-style-type: none"> - Orientações e treinamentos via Sebrae e Empaer. - Participar de eventos locais no Estado da Paraíba. - Crédito rural disponível com taxas atrativas. - Divulgação anual do empreendimento em eventos municipais. - Fazer parcerias com outros criadores para suprir deficiências pontuais. | <ul style="list-style-type: none"> - Acesso rural precário com estradas de terra sem manutenção. - Apoio governamental precário junto ao setor da caprinocultura leiteira. - Há poucos programas governamentais de incentivo à caprinocultura leiteira. - Assistência técnica precária e descontínua. - Adversidades climáticas reduzem a oferta de alimentação animal. |

A matriz de GUT foi construída, de acordo com Bezerra et al. (2012) seguindo os seguintes passos: elencar os problemas para análise, pontuar cada elemento de acordo com sua intensidade, multiplicar os valores atribuídos a cada situação e por fim priorizar o ponto com maior valor de resultado, conforme mostra a Tabela 3.

Na Tabela 2, observa-se os principais aspectos do empreendimento que precisam ser resolvidos, pois todos são graves, urgentes e apresentam tendências claras que se nada for feito, o negócio poderá colapsar e prejudicar severamente a microempresa. Nota-se através da GUT que a curto prazo se faz necessário sanar os problemas com a assistência técnica precária, falta de equipamentos para o beneficiamento e transformação do leite e a inexistência de ração contínua como suplemento na alimentação animal dos animais nos meses em que não há alimentação nativa na propriedade rural.

Tabela 2. Matriz GUT do Sistema produtivo do laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade, aplicada no ano de 2023.

| Classificação | Problemas | 1° | 2° | 3° | Media Prioritária |
|---------------|--|----|----|----|-------------------|
| 1° | Assistência técnica precária e ineficiente. | 5 | 5 | 5 | 125 |
| 2° | Faltam equipamentos no beneficiamento e transformação do leite. | 5 | 5 | 5 | 125 |
| 3° | Faltam recursos para suplementar a alimentação animal com ração. | 5 | 5 | 5 | 125 |
| 4° | Há poucos programas governamentais de incentivo à caprinocultura leiteira. | 5 | 4 | 3 | 80 |
| 5° | Adversidades climáticas reduzem a oferta de alimentação animal. | 4 | 4 | 4 | 64 |
| 6° | A oferta de leite produzido não supre a demanda. | 3 | 4 | 4 | 48 |
| 7° | Faltam recursos para suplementar a alimentação animal com ração. | 4 | 36 | 4 | 48 |
| 8° | Acesso rural precário com estradas de terra sem manutenção. | 4 | 27 | 4 | 48 |

O 5W2H é uma ferramenta que foi utilizada para elaboração de planos de ação que, por sua simplicidade, objetividade e orientação à ação, tem sido muito utilizada em Gestão de Projetos, Análise de Negócios, Elaboração de Planos de Negócio, Planejamento Estratégico e outras áreas de gestão (GROSBELLI, 2014).

O 5W2H consiste na formatação de um plano respondendo às seguintes questões: O que? (What?), Por quê? (Why?), Onde? (Where?), Quando? (When?), Quem? (Who?), Como? (How?) e Quanto custa? (Howmuch?), conforme mostra a Tabela 3 (MACHADO, 2012).

De acordo com o Sebrae (2008, apud Lisboa e Godoy, 2012) a técnica 5W2H permite, a qualquer momento, identificar dados e rotinas mais importantes de um projeto ou de uma unidade de produção. E possibilita ainda, identificar quem é quem dentro da organização, o que faz, como faz e porque realiza tais atividades. Além de relatar os custos atrelados a determinada ação.

Destacamos na Tabela 3 a necessidade de dar prioridade para resolver a falta de assistência técnica regular. Essa ferramenta administrativa induz a resolução do problema, pois fica claro o que de fato precisa ser executado sem deixar margem de dúvidas. No caso em questão, a resolução do problema pode ser mais facilmente solucionado através de parcerias entre criadores via cooperativas e associações, pois facilita a contratação da assistência técnica de qualidade, o levantamento do capital para

remuneração do profissional e através do rateio os custos não ficam altos para os cooperados.

Tabela 3. Método 5W2H aplicado no laticínio Capril Cariri -Queijos Soledade no ano de 2023.

| Classificação de prioridade: Falta de assistência técnica regular | | |
|---|----------------------------|---|
| 5W | O que? (What?) | Falta de assistência técnica periódica. |
| | Por quê? (Why?) | A falta de assistência técnica periódica prejudica todas as atividades do empreendimento, principalmente o manejo correto dos animais e contribue para o aumento de problemas no sistema produtivo. |
| | Onde? (Where?) | Na propriedade rural. |
| | Quem? (Who?) | Técnico especializado. |
| | Quando? (When?) | Urgente, deve ser adotada constantemente e anual. |
| 2H | Como? (How?) | Através das cooperativas de laticínios da região, onde os produtores e criadores contratam juntos os profissionais ou através da assistência dos órgãos governamentais. |
| | Quanto Custará? (HowMuch?) | O custo de acompanhamento técnico é alto, porém com a visão participativa via cooperativas, associações os custos serão rateados de forma ponderada. Através dos Órgãos governamentais o custo será praticamente zero, mas a pontualidade e disponibilidade de profissionais é baixa. |

De acordo com Holanda e Pinto (2009) uma forma de identificar as possíveis causas de um problema a ser investigado foi através da realização de *brainstorming*, que por sua vez é uma ferramenta de geração de novas ideias a partir de uma discussão feita em grupo. O termo *Brain* significa cérebro e o termo *storming* significa tempestade, logo *brainstorming* refere-se a uma técnica de geração de ideias.

Alguns produtos do Laticínio (Figura 1) foram submetidos à pesquisa de satisfação para se conhecer as opiniões de consumidores sobre a qualidade de quatro tipos de requeijão, de queijos e de doces. Através da opinião dos consumidores, tivemos resultados positivos dos produtos consumidos.

No geral, os três produtos foram bem avaliados em todos os quesitos (cor, o aroma, o sabor e a textura) com nota mínima igual a 6 (Gostei ligeiramente) e máxima igual a 8 (Gostei muito).

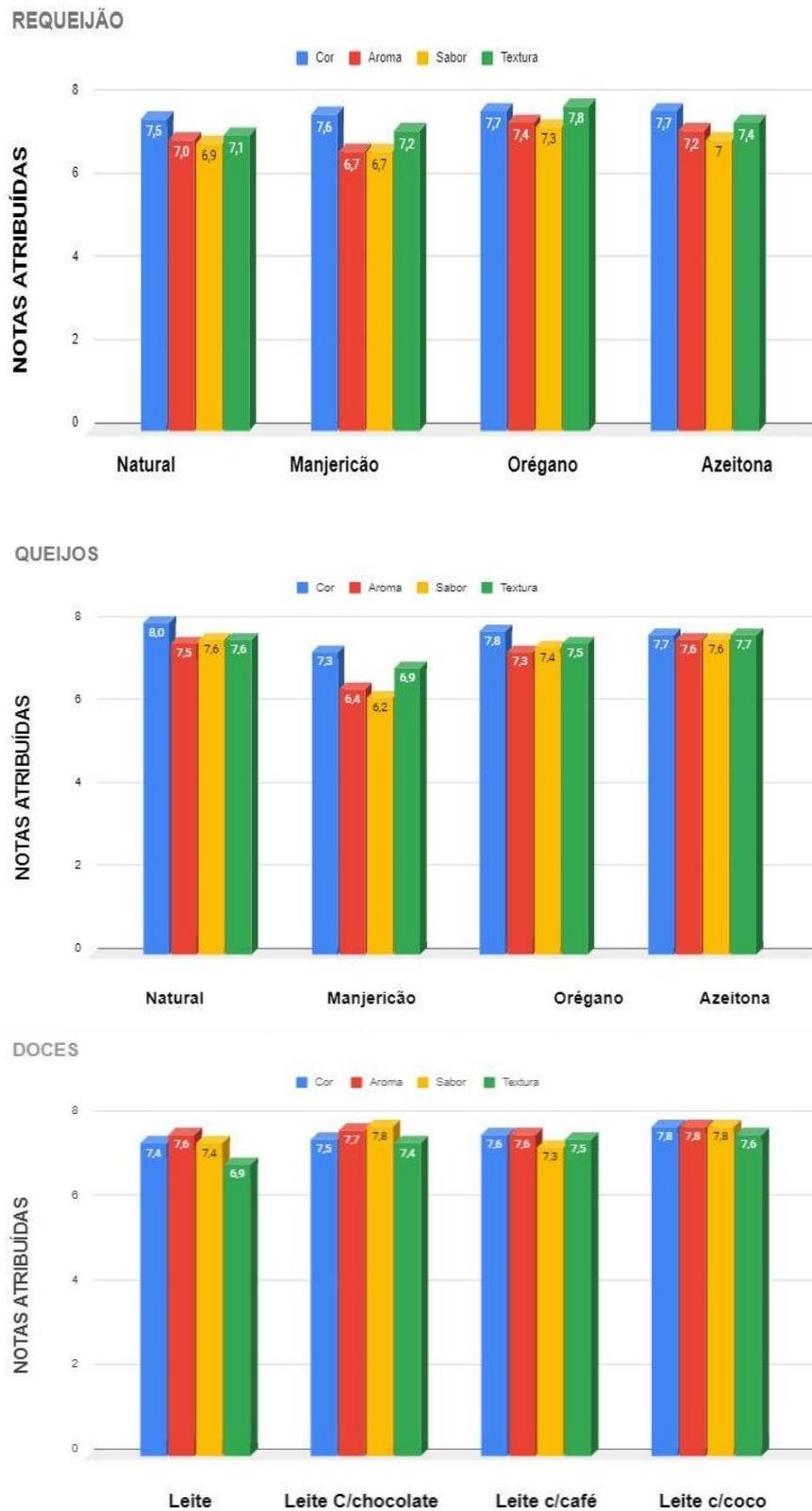


Figura 1. Valores médios das notas atribuídas pelos consumidores para as amostras de diferentes requeijões, queijos e doces produzidas pelo laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade no ano de 2023.

CONCLUSÕES

As ferramentas de gestão da qualidade aplicadas junto ao Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade, assim como a opinião qualitativa de consumidores, mostraram-se eficazes quanto aos seus objetivos, possibilitando uma análise gerencial detalhada da startup e da aceitação comercial do que é produzido pelo laticínio, trazendo à tona vários aspectos positivos e negativos, bem como suas causas e consequências. De forma geral, o Laticínio Capril Cariri - Queijos Soledade apresenta condições favoráveis para continuar crescendo e ocupando mais espaço no tão concorrido mundo dos negócios, pois além de possuir um gestor comprometido, capacitado, criativo e visionário, os produtos e subprodutos são personalizados e inovadores e são qualitativamente bem avaliados pelos consumidores. Para elevar ainda mais a qualidade final da produção comercial da startup, recomenda-se urgentemente, assistência técnica contínua, correções na infraestrutura física dos apriscos, manejo dos caprinos e no setor agroindustrial de beneficiamento e transformação do leite.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. L. S.; GONTIJO, C. M.; FRANÇA, P. DE B. Gestão do Agronegócio Familiar: Estudo de Caso da Fazenda Paraíso. *Revista Brasileira de Gestão e Engenharia*, v. 1, n. 3, p. (01-19), janeiro, 2011.

ARAÚJO NETO, J. S. de. **Análise da aplicabilidade de ferramentas de gestão da qualidade na caprinocultura leiteira.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Unidade Acadêmica de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2019.

BEZERRA, H. G. N. Planejamento estratégico de marketing para empresa produtora de mídias digitais e interativas. Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/49535/R%20-%20E%20-%20HELTON%20GUSTAVO%20NUNES%20BEZERRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 23 de janeiro de 2024.

BEZERRA, Taynara tenorio Cavalcante. CARVALHO, Marcus Vinicius Paim Souza. CARVALHO Isadora Menezes. PERES, Wagner Oliveira Marques. BARROS, Karina Onety de. Aplicação das ferramentas da qualidade para diagnóstico de melhorias numa empresa de comércio de materiais elétricos. Enegep, 2012.

DANTAS, N. G. S.; MELO, R. S. O método de análise SWOT como ferramenta para promover o diagnóstico turístico de um local: o caso do município de Itabaiana / PB. *Caderno Virtual de Turismo*, v. 8, n° 1, 2008.

FAVERI, R.; SILVA, A. MÉTODO GUT APLICADO À GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES: UMA FERRAMENTA DE AUXÍLIO PARA HIERARQUIZAÇÃO DE RISCOS. REVISTA ORDEM PÚBLICA, v. 9, n. 1, jan./jun., 2016.

GROSBELLI, A. C. Proposta de melhoria contínua em um almoxarifado utilizando a ferramenta 5W2H. 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12822/2/MD_COENP_TCC_2014_2_02.pdf. Acesso em 23 de janeiro de 2024.

HOLANDA, M. A.; PINTO, A. C. B. R. F. Utilização do Diagrama de Ishikawa e Brainstorming para solução do problema de assertividade de estoque em uma indústria da Região Metropolitana de Recife. Salvador, 2009. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_103_685_13053.pdf. Acesso em 23 de janeiro de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Pecuária Municipal. 2014. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=21. Acesso em: 23 de janeiro de 2024.

LEITE, B.; MASCARENHAS, G.; CRUZ FILHO, J. R.; MENDES, P.; BRITO, R. Gestão da Propriedade Rural. Brasília: Editora IABS, 2017.

LISBOA, M. G. P.; GODOY, L. P. APLICAÇÃO DO MÉTODO 5W2H NO PROCESSO PRODUTIVO DO PRODUTO: A JOIA. IberoamericanJournalof Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012.

MACHADO, S. S. Gestão da Qualidade. Inhumas: UFSM, 2012.

MEIRELES, M. Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente. 2 ed., São Paulo; Arte & Ciência, 2001.

OLIVEIRA, L. L. M.; PEDRO FILHO, F. S.; MADEIRA, M. J. A.; SOUZA, M. V.

Aplicação da Matriz GUT em uma microempresa de assistência técnica. 2016. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/275.pdf>. Acesso em 23 de janeiro de 2024.

SILVA LIMA, P. R.; SANTOS FERREIRA, J. R.; SANTA RITA, L. P.; SANTANA PINTO, I. M. B.; RODRIGUES DO PRADO, M. A. A incidência temática de startups na Ciência da Informação brasileira: análise da produção científica na Base de dados BRAPCI e nas comunicações do ENANCIB. Perspectivas em Gestão & Conhecimento, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 266-280, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/pgc/article/view/61578>. Acesso em: 23 de janeiro de 2024.

Purificação de água de condensação de ar-condicionado para uso em laboratório

Autores:

Francisco de Souza Fadigas

*Professor doutor em Agronomia do
CETEC-UFRB*

Gilmara Fernandes Eça

*Professora doutora em Química do
CETEC-UFRB*

DOI: 10.58203/Licuri.22183

Como citar este capítulo:

FADIGAS, Francisco de Souza; EÇA, Gilmara Fernandes. Purificação de água de condensação de ar-condicionado para uso em laboratório. In: Andrade, Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 32-44.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

A água de condensação de aparelhos de ar-condicionado é uma alternativa ao uso da água potável, em sistemas de purificação, compostos por osmose reversa e deionizador. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um processo para aproveitamento da água produzida por um condicionador de ar, visando seu uso em laboratório. A água de condensação foi coletada e tratada num sistema com cinco estágios (filtro de polipropileno, filtro de carvão ativado, osmose reversa, deionizador e UVC) para ser purificada. Foram efetuadas medidas de vazão da água condensada e de rejeito, o pH, Condutividade elétrica (CE) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) na água proveniente do ar-condicionado e na água purificada. A vazão produzida pelo condicionador de ar foi de $1,16 \pm 0,2$ L/h. As vazões de água purificada e de descarte foram de $11,1 \pm 2,1$ L/h e $1,83 \pm 0,3$ L/h. A água do ar-condicionado apresentou um teor de SDT de $17,04 \pm 3,14$ mg.L⁻¹, a CE foi de $26,63 \pm 4,9$ μ S.cm⁻¹ e o valor médio de pH foi de $7,34 \pm 0,09$. A água purificada apresentou uma CE média de $0,88 \pm 0,1$ μ S.cm⁻¹ e o SDT de $0,46 \pm 0,04$ mg.L⁻¹. O pH exibiu um valor médio de $6,29 \pm 0,06$, variando de 6,23 a 6,39. Os dados encontrados com este estudo mostram que o uso da água de condensação permite reduzir as perdas de água por descarte, sem afetar a CE, SDT e pH da água purificada obtida ao final do processo de tratamento.

Palavras-chave: Aproveitamento de água. Água de descarte. Qualidade da água. Condutividade da água.

INTRODUÇÃO

O uso de água purificada em procedimentos químicos laboratoriais é essencial no desenvolvimento de pesquisas científicas de qualidade (MENDES et al., 2011). Para se obter água com grau de pureza elevado, os laboratórios costumam utilizar sistemas de destilação, combinados com a deionização, ou sistemas de osmose reversa e tratamento com resinas mistas para purificar a água potável. A água de condensação de aparelhos de ar-condicionado, que normalmente é descartada, pode ser uma boa alternativa ao uso da água potável, o que, além de reduzir os gastos com esta última, representa uma alternativa ecológica de aproveitamento deste importante recurso natural. Além disso, a água de condensação do condicionador de ar apresenta baixa condutividade elétrica (13,3 a 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (SOUSA et al., 2016), o que indica que a mesma pode ser purificada com vantagem, em relação ao uso de água potável.

A qualidade da água purificada depende de fatores como o tipo de sistema de tratamento utilizado, a frequência de manutenção e limpeza do mesmo, bem como dos cuidados durante o armazenamento e distribuição da água purificada produzida (SANTOS; CRUZ, 2008).

Segundo a maioria dos fabricantes a qualidade final da água obtida por sistemas de purificação contendo osmose reversa e deionizador depende, em muito, da qualidade da água fornecida ao sistema de tratamento, sendo que quanto menor a condutividade elétrica (CE) inicial da água, melhor será a qualidade da água gerada ao final do processo (BIOTECH, 2023; TECNAL, 2023). Alguns purificadores utilizam água de entrada possuindo CE em torno de 300 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, dureza máxima 205 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, ferro máximo 0,3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, SDT máximo 2000 ppm, manganês máximo 0,05 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e ausência de sulfito de hidrogênio (BIOTECH, 2023). Outra opção de aparelhagem para purificação utiliza água da rede pública de abastecimento pressurizada, com SDT máximo de 250 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, isenta de dureza (UNION, 2023). Outro fabricante recomenda o uso de água de entrada com CE <250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, dureza total <100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e SDT <500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (PERMUTION, 2023).

A água para uso em análises químicas e outras atividades laboratoriais têm sido classificada de diferentes modos, de acordo com as exigências de cada setor de aplicação. Segundo a BRITISH STANDARD (1995), a água Grau I é essencialmente livre de substâncias iônicas e coloidais dissolvidas ou contaminantes orgânicos e adequada para os métodos analíticos mais exigentes, possuindo CE(máxima) de 0,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e sílica de 0,01 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A água Grau II, conta com níveis reduzidos de contaminantes orgânicos, inorgânicos e

coloides e é adequada para técnicas analíticas sensíveis, tendo CE de até $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e sílica de $0,02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Já a água de Grau III é adequada para a maioria dos trabalhos de análise via úmida e na preparação de soluções de reagentes, devendo ser usada para trabalho analítico normal, cuja CE não deve ser superior a $5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Para uso farmacológico, a água pode ser classificada como água reagente, com condutividade de, no máximo, $5,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e carbono orgânico total (COT) $< 0,20 \text{ mg/L}$, água purificada (AP), caracterizada por condutividade de, no máximo, $1,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ e COT $\leq 0,50 \text{ mg/L}$ e contagem total de bactérias $\leq 100 \text{ UFC/mL}$ e água Água ultrapurificada (AUP), com condutividade de, no máximo, $0,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$, COT $\leq 0,50 \text{ mg/L}$, endotoxinas $< 0,25 \text{ UE/mL}$ e contagem total de bactérias $\leq 10 \text{ UFC/100 mL}$ (BRASIL, 2017). Outra referência sobre a qualidade da água (AVIDITY SCIENCE, 2023) menciona que a água Tipo 3 possui CE $< 40 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e pode ser obtida por sistema de osmose reversa, sendo mais indicada para uso em esterilização, alimentação de sistemas de água ultrapura, autoclaves e geradores de gases. Já a água Tipo 2 possui CE entre $0,07$ e $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, é obtida pelo tratamento com osmose reversa + deionização e é indicada para uso laboratorial, enquanto a água Tipo 1 é considerada água ultrapura, com CE $0,055 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e é recomendada para usos como em biologia molecular, genética e análises instrumentais mais sensíveis (GF- AAS, HPLC, IC, ICPMS, GC, MS). Segundo esta última fonte, sistemas de tratamento dotados de filtração + osmose reversa + deionização são aptos a fornecer água do Tipo 2.

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema alternativo para aproveitamento e purificação da água de condensação de um condicionador de ar, com a finalidade de torná-la adequada para uso em análises laboratoriais.

METODOLOGIA

O sistema de captação e tratamento de água foi desenvolvido no laboratório de Análise de Solos e Plantas do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), entre os meses de julho e agosto de 2023. O aparelho utilizado para extração da umidade do ar e posterior obtenção da água na forma condensada foi um ar-condicionado do tipo split, compostos de duas partes, uma unidade condensadora e outra evaporadora, com potência de refrigeração de 24.000 BTU (British Thermal Unit) ou 7.032 W, ajustado para funcionamento a $23 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura de conforto (BRASIL, 2003) com velocidade média de ventilação. Água foi coletada a partir do dreno do aparelho (figura 1a), usando uma mangueira plástica cristal de 12,7 mm, e

recolhida em um barrilete de PVC com capacidade para 20 L. O Sistema de recalque da água (figura 1b) para o reservatório superior, também de 20 L (figura 1c), foi equipado com uma bomba centrífuga para Arduino, modelo RS-385, cujas especificações técnicas são mostradas na tabela 1, e com uma fonte de alimentação na entrada de 110/220V (AC) e saída de 12V (DC). As linhas de sucção e recalque foram montadas com mangueira plástica flexível (cristal) com 7,6mm de diâmetro (figura 1b).

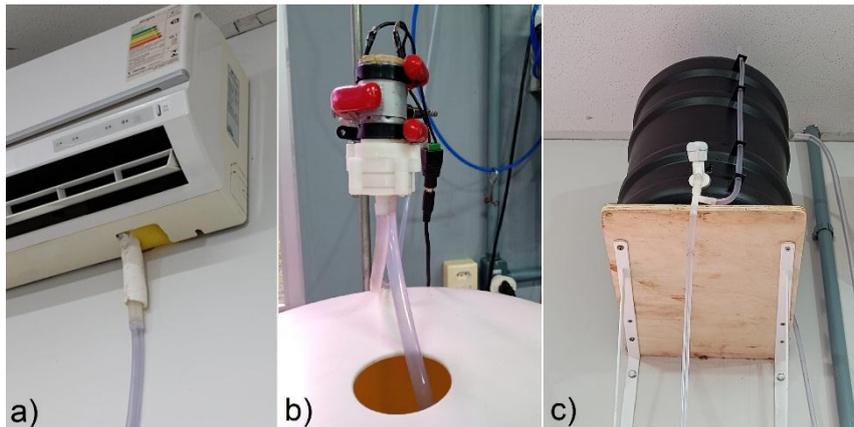


Figura 1. (a) Detalhe do dreno de saída de água do ar-condicionado. (b) Sistema de sucção e recalque da água usando uma minibomba. (c) Reservatório para armazenamento da água de ar-condicionado antes do tratamento para purificação.

Tabela 1. Especificações técnicas da bomba utilizada na sucção e recalque de água do ar-condicionado.

| Item | Especificação |
|-------------------------------------|----------------|
| Modelo | RS-385 |
| Tensão nominal | 12V |
| Corrente | 0,5-0,7A |
| Altura de sucção (máxima) | 2 m |
| Altura de elevação (máxima) | 3 m |
| Vazão de água | 1,5 a 2 L/mim |
| Diâmetro da entrada e saída de água | 7,6mm (aprox.) |
| Diâmetro do motor | 28,6mm |
| Comprimento da bomba | 90mm |
| Vida útil | até 2500 Horas |
| Massa aproximada | 100 g |

A purificação de água foi obtida usando um aparelho de 5 estágios, composto de: filtro de polipropileno de 5 micra, filtro de carvão ativado de 5 micra, Membrana de Osmose Reversa, Cartucho de resina mista e tratamento ultravioleta, cujas características são mostradas na tabela 2 e figura 2.

Tabela 2. Características técnicas do sistema de purificação de água.

| Etapa | Componente | Finalidade |
|-----------------|--|--|
| Pré-filtração 1 | Cartucho polipropileno de 5 micra | Retirada de materiais em suspensão |
| Pré-filtração 2 | Cartucho de carvão ativado de 5 micra | Retirada de cloro, odores e substâncias químicas orgânicas |
| Purificação 1 | Membrana para Osmose Reversa semipermeável | Remoção de íons |
| Purificação 2 | Cartucho desmineralizador carregado com resina mista para troca iônica | Polimento |
| Esterilização | Sistema de esterilização através de lâmpada UV-C | Eliminação de microrganismos |



Figura 2. Purificador de água com Osmose Reversa, filtros e UV

As medidas da condutividade elétrica (CE) e de sólidos dissolvidos totais (SDT) da água proveniente do ar-condicionado e do sistema de purificação foram feitas em condutivímetro de bancada, calibrado com solução padrão de $146,9 \mu\text{Scm}^{-1}$, sendo esta

efetuadas em dias alternados ao longo do período de coleta de dados. A análise do pH foi realizada com uso de medidor portátil, com precisão de 0,01 da unidade de medida. A vazão de água produzida pelo ar-condicionado foi avaliada em dias alternados, por um período de 30 dias, sendo as medidas tomadas após uma hora do início de funcionamento do aparelho, com três repetições por data de medição, sendo o volume medido com auxílio de uma proveta de vidro 250 mL, com três repetições por data de medição. A mesma técnica foi utilizada para avaliação da produção média de água purificada e para a medida da vazão de descarte de água do purificador, sendo utilizadas provetas de 250 e 100 mL, respectivamente. Todas as variáveis medidas foram obtidas com 5 repetições, sendo calculadas as médias (m), desvios padrão (s) e coeficiente de variação (CV).

Os dados obtidos foram analisados em relação à produção de água de condensação e descarte, produção de água purificada e qualidade da água purificada obtida e comparados com as informações disponíveis na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de água de condensação

A vazão média de água produzida foi de $1,16 \pm 0,21$ L/h de funcionamento do ar-condicionado durante o período do ensaio (tabela 3).

Tabela 3. Teste de vazão e qualidade da água da condensação de ar-condicionado.

| Repetição ¹ | Vazão (L/h) | pH | CE (μScm^{-1}) | SDT (mg.L^{-1}) |
|------------------------|-------------|------|-----------------------------|----------------------------|
| 1 | 1,29 | 7,24 | 21,79 | 13,94 |
| 2 | 0,81 | 7,47 | 23,89 | 15,29 |
| 3 | 1,16 | 7,33 | 32,53 | 20,82 |
| 4 | 1,33 | 7,25 | 31,26 | 20,01 |
| 5 | 1,23 | 7,38 | 23,66 | 15,14 |
| Média | 1,16 | 7,34 | 26,63 | 17,04 |
| Desvio ² | 0,21 | 0,09 | 4,90 | 3,14 |
| CV(%) ³ | 17,84 | 1,28 | 18,40 | 18,40 |

¹ Média de três medidas por data de coleta. ² Desvio-padrão amostral. ³ Coeficiente de variação

Os valores obtidos em cada data de coleta variaram de acordo com as condições do tempo, especialmente temperatura e umidade do ar, sendo observado que nos dias mais quentes e ensolarados houve maior produção de água de condensação. As condições de uso também influenciaram esta variável, sendo que quando a coleta foi realizada em dia de uso mais intenso a vazão produzida apresentou pequeno aumento.

Qualidade da água de condensação

Do ponto de vista da qualidade da água de entrada para uso em sistemas multifásicos de purificação, verificou-se que a água do ar-condicionado possui um teor de SDT de $17,04 \pm 3,14 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo este valor de 25 a 36 vezes menor que o valor estabelecido como limite para a água potável (BRASIL, 2021), que é de 500 mg.L^{-1} . O valor dos SDT na água condensada também foi inferior ao valor encontrado na água fornecida aos laboratórios do CETEC, cuja média foi $325,5 \pm 7,87 \text{ mg.L}^{-1}$ (tabela 4).

Tabela 4. Alguns parâmetros de caracterização da qualidade da água fornecida aos laboratórios do CETEC-UFRB.

| Bloco ¹ | T (°C) | pH | CE (μScm^{-1}) | SDT (mg.L^{-1}) |
|---------------------|-----------|------|--------------------------------|-------------------------------|
| N | 23,5 | 7,61 | 504,70 | 325,50 |
| Q | 23,5 | 7,62 | 508,80 | 329,10 |
| R | 23,3 | 7,62 | 483,00 | 312,90 |
| S | 23,3 | 7,75 | 505,10 | 325,70 |
| T | 23,3 | 7,85 | 518,40 | 334,20 |
| Média | 23,38 | 7,69 | 504,00 | 325,48 |
| Desvio ² | 0,11 | 0,11 | 12,97 | 7,87 |
| CV(%) ³ | 0,47 | 1,39 | 2,57 | 2,42 |

¹ Blocos de Laboratórios do CETEC-UFRB. ² Desvio-padrão amostral. ³ Coeficiente de variação

Em relação à CE, não há indicações de limite para água potável no Brasil. Todavia, convertendo o valor limite para SDT em CE, utilizando a expressão $\text{SDT (mgL}^{-1}) = \mu\text{Scm}^{-1} \times 0,64$ (LIMA, et al. 2017; VASCONCELOS et al., 2019) encontramos o valor de $781,25 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Comparando-se este valor com a média para CE encontrada na água de condensação ($26,63 \pm 4,9 \mu\text{S.cm}^{-1}$) vemos que esta é 24,8 a 36 vezes menor do que o valor equivalente ao que seria esperado na água potável. Em comparação com a água que abastece os blocos

de laboratórios do CETEC (tabela 4), cuja CE foi em média de $504,0 \pm 12,97 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, na água de condensação o valor encontrado é 19 vezes menor que anágua potável. Este fato sugere que o uso da água do ar-condicionado pode resultar na obtenção de água purificada com melhor qualidade final, além de contribuir para a longevidade dos componentes do sistema de purificação.

Os valores médios obtidos para CE neste estudo são compatíveis com aqueles encontrados por Sousa et al. (2016) para águas de condensação em aparelhos de ar-condicionado do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da UNIFOR, cujos valores variaram de 13,28 a $32,93 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Os resultados encontrados para CE e SDT na água de condensação estão muito abaixo dos limites recomendados por fabricantes de sistemas de purificação, para água fornecida na entrada do purificador (BIOTECH, 2023, PERMUTION, 2023, UNION, 2023).

Os resultados das análises de CE e SDT mostraram alta correlação positiva entre estas variáveis, o que reforça a ideia de que o tipo de uso influencia a qualidade da água obtida por condensação nos aparelhos de ar-condicionado. O tipo de uso da sala está relacionado às trocas de ar e sua qualidade, sendo que este fator pode alterar a quantidade de material particulado (partículas orgânicas e inorgânicas, como poeira, pólen, fuligem, fumaça e gotas de líquido) contido no ar ambiente e alterar a composição gasosa da atmosfera da sala (Schirmer et al., 2010).

Os valores de pH nas amostras analisadas variaram de 7,24 a 7,47 unidades, sendo o valor médio de $7,34 \pm 0,09$. Este resultado está de acordo com os valores obtidos Souza et al. (2016) para água de descarte de ar-condicionado, cujos valores mínimos e máximos variaram de 7,3 a 7,7. Em relação a água potável o Ministério da Saúde admite uma variação de pH de 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2021), estando o pH da água de condensação dentro desta faixa.

Produção de água purificada

A vazão média de descarte do sistema utilizado no tratamento da água de condensação foi 11,1 de $\pm 2,1$ L/h de funcionamento do purificador (tabela 5). A relação entre a vazão da água purificada e a água de descarte foi de 6:1 L, ou seja, em média 17 % da água fornecida foi descartada. Segundo o fabricante do purificador utilizado neste estudo, utilizando-se água potável para abastecer o sistema de purificação, a relação entre a vazão de água purificada produzida e a vazão de descarte é de 0,7:1, o que

representa uma perda 66,7 % da água fornecida (BIOTHEC, s.d.). Silva e Teixeira (2010), estudando a relação entre a água fornecida a um sistema de osmose reversa e o volume de água descartada, concluíram que 40 % da água que entrava na osmose era descartada como solução salina (água de rejeito). Os dados encontrados com este estudo mostram que o uso da água de condensação permite reduzir as perdas de água por descarte, sem afetar alguns parâmetros físico-químicos importantes, como a CE, SDT e pH, da água purificada obtida ao final do processo de tratamento.

Tabela 5. Teste de vazão e qualidade da água purificada.

| Repetição ¹ | V saída ² L/h | V descarte ³ L/h | pH | SDT (mgL-1) | CE (μScm^{-1}) |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------|----------------|--------------------------------|
| 1 | 13,01 | 2,23 | 6,27 | 0,52 | 0,97 |
| 2 | 13,12 | 1,83 | 6,28 | 0,45 | 0,94 |
| 3 | 10,21 | 1,58 | 6,23 | 0,44 | 0,86 |
| 4 | 8,10 | 1,58 | 6,28 | 0,47 | 0,74 |
| 5 | 11,12 | 1,92 | 6,39 | 0,42 | 0,89 |
| Média | 11,11 | 1,83 | 6,29 | 0,46 | 0,88 |
| Desvio ⁴ | 2,09 | 0,27 | 0,06 | 0,04 | 0,09 |
| CV(%) ⁵ | 18,84 | 15,03 | 0,94 | 7,76 | 9,92 |

¹ Média de três medidas por data de coleta. ² Vazão da água de saída (purificada) do purificador. ³ Vazão da água de descarte (rejeito) do purificador. ⁴ Desvio-padrão amostral

⁵ Coeficiente de variação

Qualidade da água purificada

Os resultados para as variáveis de qualidade da água purificada são apresentados na Tabela 4. A média para a CE elétrica da água purificada foi de $0,88 \pm 0,09 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Este resultado situa-se dentro do limite estabelecido para água Grau II, que é de $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (BRITISH STANDARD, 1995; VOGEL et. al., 2002) e atende também à exigência para água purificada (AP), caracterizada por condutividade de, no máximo, $1,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (BRASIL, 2017). A proporção entre a CE para a água purificada e a água de condensação foi 1:30, confirmando que o sistema de tratamento é eficiente na eliminação de íons e outras substâncias presentes na água de condensação.

Com relação aos SDT, os valores obtidos foram da ordem de $0,46 \pm 0,04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Comparando-se este valor com aquele obtido para a água de condensação, verifica-se que houve uma redução de 17 vezes no teor de sólidos dissolvidos.

A média para o valor do pH nas amostras analisadas foi de $6,29 \pm 0,06$, variando num intervalo de 6,23 a 6,39 unidades de pH. A Farmacopeia Brasileira (2019) não estabelece limite de pH para a água purificada (AP). Já a BRITISH STANDARD (1995), que se baseia na ISO 3696 (1987), estabelece limite ideal de pH entre 5,0 e 7,5 somente para água Grau 3, sendo que para águas de Grau 1 e 2 não há exigência quanto ao valor do pH. Com base no valor médio encontrado neste estudo, pode-se concluir que a água purificada resultante do sistema de purificação possui um valor de pH que pode ser admitido como adequado para águas deste tipo.

As análises realizadas são ainda insuficientes para uma caracterização completa da água purificada e sua classificação. Todavia, há consenso entre diversas fontes que a CE é um dos parâmetros mais relevantes, sendo possível inclusive que este substitua outros parâmetros correlatos (BRSIL, 2019). Assim, considerando os resultados de CE e pH, possivelmente a água purificada em questão poderá ser enquadrada como água Grau 2.

Vantagens aparentes do uso da água do ar-condicionado na obtenção de água purificada

Do ponto de vista ambiental, o aproveitamento da água de condensação dos aparelhos de ar-condicionado representa a possibilidade de destinação, para um uso nobre, daquele volume de água que normalmente é descartado em sistema de purificação baseados em osmose reversa.

Sob o aspecto econômico, o aproveitamento desta água reduz o consumo de água potável no laboratório, representando uma economia nos custos de operação.

Em relação às questões técnicas, o aproveitamento da água de condensação do ar-condicionado para obtenção de água para uso em laboratório, reduz os gastos com substituição de componentes que sofrem deterioração, em função da qualidade da água fornecida na entrada do sistema de purificação (filtro de fibra, filtro de carvão, membrana de osmose, resina mista), vez que a vida útil destes componentes pode ser dilatada com o uso de água de melhor qualidade. Soma-se a esta vantagem, a possibilidade de reduzir a vazão da água de descarte do purificador sem afetar a qualidade da água purificada.

CONCLUSÕES

A qualidade da água de condensação em relação à CE, SDT e pH mostrou-se superior à da água potável, indicando ser vantajoso seu uso em sistemas de purificação para obtenção de água para uso em laboratório.

O aproveitamento da água de condensação de aparelho de ar-condicionado permite obter água purificada com menor custo e possibilita aumentar a vida útil dos componentes consumíveis de sistemas de tratamento com osmose reversa.

REFERÊNCIAS

AVIDITY SCIENCE. **Laboratory water systems**. Disponível em: <https://www.avidityscience.com/water-systems/water-purification>. Acesso em: 29 jul. 2023.

BIOTHEC. **Manual de instrução do purificador de água osmose reversa BT 701/T**. Piracicaba, SP: Biothec produtos para Laboratório, s.d.

BIOTHEC. **Purificador de Água Osmose Reversa BT 701/10/6**. Disponível em: http://www.biothec.com.br/p-8381910-Purificador-de-Agua-Osmose-Reversa-BT-701_10_6. Acesso em: 4 jul. 2023.

BRASIL. Resolução-RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília (DF): **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**, 2003.

BRASIL. Farmacopeia Brasileira, Segundo Suplemento, 5ª edição. Brasília: **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**, 2017. 1015p.

BRASIL. Farmacopeia Brasileira. Volume II - Monografias, 6ª edição. Brasília: **Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA**, 2019.

BRASIL. **Portaria GM-MS nº 888/2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF): Diário Oficial da União, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 28 jan. 2024.

BRITISH, STANDARD. **Water for analytical laboratory use - Specification and test methods - EN ISO 3696**. London: BSI, 1995.

LIMA, L.C. et. al. Determinação da concentração de sólidos dissolvidos totais por meio da medição da condutividade elétrica. **CONBEA**, Maceió, AL, 30 de ago. 2017. Disponível em: <https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2017/anais-2017>. Acesso em: 27 jul. 2023.

MENDES, M.; FAGUNDES, C.; PORTO, C.; BENTO, L.; COSTA, T.; SANTOS, R. A importância da qualidade da água reagente no laboratório clínico. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 47, p. 217-223, 2011. DOI 10.1590/S1676-24442011000300004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-24442011000300004>. Acesso em 28 jan. 2024.

PERMUTION. **Sistema de osmose reversa laboratorial Evolution**. Curitiba, 2023. Disponível em: <https://www.permution.com.br/pt-br/sistema-de-osmose-reversa-laboratorial-evolution>. Acesso: 4 jul. 2023.

SCHIRMER, W.N., PIAN, L.B., SZYMANSKI, M.S.E., GAUER, M.A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.16, n.8, p.3583-3590, 2011. DOI 10.1590/S1413-81232011000900026. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000900026>. Acesso em 28 jan. 2024.

SILVA, P.B.; TEIXEIRA, E.P. Reuso da água do rejeito de um tratamento de osmose reversa de uma unidade de hemodiálise hospitalar: estudo de caso. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde (On-Line)**, v.4, n.4, p.42-51, 2011. DOI 10.18816/r-bits.v4i4.1496. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/reb/issue/view/127>. Acesso em 28 jan. 2024.

SOUZA, R. É. B.; ROCHA, C. M. S.; da SILVA ABREU, F. O. M. S.; MORAES, S. G. Caracterização físico-química e microbiológica das águas condensadas de aparelhos de ar-condicionados visando potencial reutilização. **Revista Tecnologia**, v.37, n.1/2, p. 37-54, 2016. DOI 10.5020/23180730.2016.V37.1/2.37-54. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/5700>. Acesso em 28 jan. 2024.

TECNAL. **Tipos de água utilizados no laboratório e principais aplicações**. São Paulo, 2023. Disponível em: https://tecnal.com.br/pt-R/blog/317_tipos_de_agua_utilizados_no_laboratorio_e_principais_aplicacoes. Acesso em: 1 jul.2023.

UNION EQUIPAMENTOS. **Sistema de osmose reversa laboratorial**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://union.ind.br/sistema-de-osmose-reversa-laborato>. Acesso em: 29 jul. 2023.

VASCONCELOS, M.B., CAJAZEIRAS, C.C.A., SOUSA, R.R. Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região nordeste do Brasil. **ABRHidro**, Foz do Iguaçu, PR, 24 de nov. de 2019. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6031>. Acesso em: 28 jul. 2023.

VOGEL, A. I.; MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. K. **Análise Química Quantitativa**. 6^a Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 462 p.

Aproveitamento tecnológico da jaca para elaboração de farinhas e barras de cereais

Autores:

Maria Luiza Barbosa de Negreiros

Estudante do curso Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal da Paraíba (UEPB)

Dalmo Marcello de Brito Primo

Doutor em Agronomia, professor da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Deise Souza de Castro

Doutora em Engenharia Agrícola, professora da UEPB

Patrícia Maria de Araújo Gomes

Doutora em Engenharia de Processos, professora da UEPB

Janaína Mendonça Soares

Doutora em Engenharia Agrícola, professora da UEPB

Luana de Fátima Damasceno dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola, professora da UEPB

DOI: 10.58203/Licuri.22184

Como citar este capítulo:

NEGREIROS, Maria Luiza Barbosa *et al.* Aproveitamento tecnológico da jaca para elaboração de farinhas e barras de cereais. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 45-52.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

A jaca (*Artocarpus heterophyllus*), é uma fruta de alta produtividade com propriedades sensoriais atrativas, que a tornam uma matéria-prima versátil para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Os caroços de jaca, frequentemente descartados como resíduos, possuem um alto valor nutricional. A elaboração de farinhas a partir desse resíduo contribui para a redução do desperdício e parapráticas sustentáveis na indústria alimentícia. Este estudo teve como objetivo elaborar farinha seca e torrada dos caroços de jaca e desenvolver formulações de barra de cereais enriquecidas com 10% e 30% dessas farinhas. As formulações das barras de cereais e a farinha dos caroços de jaca seca foram submetidas a análises físico-químicas, conforme as normas do Instituto Adolf Lutz (2008), onde foram analisados o teor de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas. O teor de carboidrato por diferença. Os resultados obtidos foram submetidos ao cálculo de média e desvio padrão por meio do software Microsoft Excel. A análise físico-química da farinha dos caroços de jaca seca apresentou um teor médio de umidade de 13,77%, cinzas de 3,18%, lipídeos de 0,77%, proteínas de 12,80% e carboidratos de 59,81%. Para as barras de cereais, a umidade variou de 10,80% a 12,26%, cinzas de 0,95% a 1,27%, lipídeos de 4,06% a 8,15%, proteínas de 8,48% a 9,51%. Os resultados demonstram que as formulações das barras de cereais apresentam um potencial de comercialização. As farinhas dos caroços de jaca podem ser utilizadas em outros produtos alimentícios como fonte alternativa de alimentos nutritivos, contribuindo para uma alimentação sustentável utilizando resíduos.

Palavras-chave: *Artocarpus heterophyllus*. Aproveitamento de resíduos. Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A jaca, uma fruta originária da Índia, é encontrada em diversas regiões do Brasil, sendo mais comum no Nordeste, especialmente na Bahia. Com uma sazonalidade específica de produção e capacidade de desenvolvimento e alta produtividade, a jaca tem grande potencial para a indústria alimentícia e agroindustrial.

Além da polpa amarela consumida in natura, a fruta também é utilizada para produzir doces e bebidas não alcoólicas. As sementes da jaca, ricas em amido, podem ser consumidas cozidas, assadas ou transformadas em farinha de alto valor nutritivo e utilizada na fabricação de biscoitos e outros alimentos.

A maior dificuldade de obtenção de uma boa barra de cereal é a combinação dos diversos ingredientes com funcionalidade específica tais como vitaminas, minerais, proteínas, grãos, fibras, agentes espessantes, adoçantes e aromatizantes, e transformá-los em um produto com sabor, textura e aparência aceitável, ao mesmo tempo em que se tenta atingir objetivos nutricionais específicos. Estudos tem avaliado a potencialidade dos resíduos agroindustriais, estimulando o interesse da própria indústria alimentícia em reaproveitar os resíduos oriundos da linha convencional de seus produtos, na elaboração de novos produtos alimentícios mais funcionais e nutritivos.

O aproveitamento integral de frutas e hortaliças (polpa, mesocarpo, cascas, talos e folhas), na elaboração de novo produtos, é uma alternativa tecnológica econômica, que está ao alcance de todos, seja em produção industrial ou residencial. Esse aproveitamento deve ser realizado com técnicas culinárias adequadas a fim de melhorar o valor nutricional das refeições, de acordo com os princípios da alimentação saudável.

Dessa forma, a utilização dos alimentos de forma integral e sustentável tem as vantagens de reduzir a produção de lixo orgânico, promover a segurança alimentar, agregar valor nutricional aos alimentos e beneficiar e renda familiar.

O presente estudo teve como objetivo elaborar dois tipos de farinha dos caroços de jaca (*Artocarpus heterophyllus*), bem como desenvolver formulações de barra de cereais (enriquecidos com 0, 10 e 30% destas farinhas) e avaliar as características físico-químicas.

METODOLOGIA

As jacas (*Artocarpus heterophyllus*) de características mole e dura, foram higienizadas e a polpa foi separada das sementes. Para o preparo da farinha, as sementes

de jaca foram selecionadas e lavadas com água corrente e submetidos à sanitização e em seguida, foram descascados e pesados, para que pudessem ser divididos em duas porções para a produção de farinha, uma para secagem e a outra para torrefação.

Após a pesagem, os caroços passaram pelo processo de corte. Os destinados a produção da farinha seca foram triturados simplesmente, enquanto os que seriam transformados em farinha torrada foram triturados e também submetidos a torrefação. As farinhas foram colocadas em sacos plásticos e levadas ao secador do tipo estufa, com temperatura controlada (60°C), por aproximadamente 10 horas. Para a formulação das barras de cereais, foram utilizados ingredientes secos e aglutinantes, como mostrado na Tabela 1.

A farinha dos caroços de jaca (FCJ) foi incorporada em proporções de 10% e 30%, substituindo a aveia em flocos da formulação base. As formulações foram identificadas como A1, A2, A3, A4 e A5. A formulação A1 não incorpora a farinha dos caroços de jaca, enquanto A2 e A3 apresentam substituição de 10% e 30% de farinha seca, e A4 e A5 apresentam substituição de 10% e 30% de farinha torrada. Inicialmente, os ingredientes secos e aglutinantes foram homogeneizados separadamente e em seguida, misturados para formar uma massa. A modelagem das barras foi feita em uma máquina da marca Mallory, para que a forma e o tamanho das barras fossem padronizados. O resfriamento ocorreu a 10°C por 10 min. As barras foram colocadas em embalagens plásticas e armazenadas em um ambiente seco e arejado, em temperatura ambiente.

As formulações das barras de cereais e a farinha dos caroços de jaca seca foram submetidas a análises físico-químicas, em triplicata, conforme as normas do Instituto Adolf Lutz (2008), onde foram analisados: a determinação de umidade foi realizada pelo método de secagem em estufa por 10 h a 105 °C; o teor de proteínas, pelo método de Kjeldahl (1883); o teor de lipídeos, pelo método de Soxhlet (1879); o teor de cinzas foi quantificado conforme o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008); o teor de carboidratos por diferença, isto é, 100 menos a somatória das frações de proteínas, lipídeos, cinzas e umidade (Cecchi, 2003 apud SILVA et al. 2019). o valor energético total em 100 g de cada barrinha foi determinado segundo os valores calóricos estimados da conversão de Atwater, multiplicando-se o valor de carboidratos e proteínas por quatro e o de lipídeos por nove. A soma dos produtos constituiu o valor energético total (Osborne & Voogt, 1986 apud SILVA et al. 2019).

Os resultados obtidos foram submetidos ao cálculo de média e desvio padrão por meio do software Microsoft Excel. Os resultados obtidos nas determinações das características físico-químicas das barras de cereais, foram avaliados estatisticamente pela análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o programa computadorizado SASM-Agri (Sistema para Análise e Separação de Médias em Experimentos Agrícolas) versão 8.2.

Tabela 1. ingredientes base da formulação das barras de cereais.

| Ingredientes | Formulações | | | | |
|-----------------------------|-------------|------|------|------|------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
| Aveia em flocos | 29 g | 26 g | 20 g | 26 g | 20 g |
| Farinha dos caroços de jaca | | 3 g | 9 g | 3 g | 9 g |
| Flocos de arroz | 8 g | 8 g | 8 g | 8 g | 8 g |
| Farinha de arroz | 10 g | 10 g | 10 g | 10 g | 10 g |
| Amendoim | 6 g | 6 g | 6 g | 6 g | 6 g |
| Doce de jaca | 10 g | 10 g | 10 g | 10 g | 10 g |
| Açúcar mascavo | 9 g | 9 g | 9 g | 9 g | 9 g |
| Mel | 16 g | 16 g | 16 g | 16 g | 16 g |
| Xarope de glucose | 12 g | 12 g | 12 g | 12 g | 12 g |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos da farinha e das barras de cereais forneceram informações que comprovam o seu potencial nutricional. Na tabela 2, faz uma comparação das propriedades da composição centesimal da farinha de caroços de jaca seca desta pesquisa com os resultados obtidos por Silva, A.C. (2015).

Tabela 2. Valores médios das análises físico-químicas da FCJ.

| Análises (%) | Pesquisa, 2019 | Silva, 2015 |
|------------------|----------------|-------------|
| Umidade | 13,77±0,05 | 6,86±0,21 |
| Cinzas | 3,18±0,03 | 2,36±0,00 |
| Lipídeos | 0,77±0,05 | 2,21±0,19 |
| Proteínas | 12,80±0,20 | 26,01±0,17 |
| Carboidratos | 59,81±2,40 | 62,55±0,14 |
| Valor energético | 335,79 | 374,12 |

Fonte: Autores, 2019 e SILVA, 2015.

Os valores de umidade de 13,85% da farinha, obtida por esta pesquisa e 6,86% encontrado por Silva, A. C., 2015, estão abaixo do valor máximo de 15% estabelecido pela RDC n° 711 (ANVISA, 2022). É preciso uma atenção especial ao teor de umidade dentre os parâmetros avaliados, pois o teor de água é um fator agravante para a proliferação de microrganismos, um valor reduzido no teor de umidade mantém a qualidade do produto por muito mais tempo diminuindo assim a água disponível para as reações químicas (CHAVES et al., 2004 apud ALMEIDA, 2016). Em relação a cinzas da farinha elaborada, foi acima do que foi encontrada por Silva (2015). Em um estudo realizado por Almeida (2016), a farinha da semente de jaca dura obteve um teor médio de cinzas de 2,7%, onde é possível observar que os valores ficaram abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente que é de 4% (ALMEIDA, 2016). Segundo a RDC n° 54 da ANVISA (2012), o alimento para ser considerado com teor baixo de gordura, deve conter no máximo 3g por 100g por porção. Logo, a farinha elaborada pode ser considerada uma farinha com baixo teor de gordura. Ao analisar o teor de proteínas, pode-se observar que os valores são consideráveis, principalmente o encontrado por Silva (2015), onde o valor foi mais que o dobro encontrado nesta pesquisa. As mesmas podem ser consideradas fonte de proteína, já que o mínimo estabelecido pela ANVISA, na RDC n° 54 (2012), é de 6g em 100g por porção. Na tabela 3, estão apresentados os resultados da análise físico-químicas das barras de cereais elaboradas.

Tabela 3. Caracterização físico-química das barras de cereais com diferentes concentrações de farinha.

| Análises (%) | Formulações | | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
| Umidade | 11,38 ^{ab} ±0,46 | 12,26 ^a ±0,36 | 10,80 ^b ±0,19 | 12,05 ^a ±0,18 | 11,81 ^{ab} ±0,29 |
| Cinzas | 0,95 ^a ±0,01 | 0,96 ^a ±0,01 | 1,27 ^a ±0,06 | 0,96 ^a ±0,006 | 1,13 ^a ±0,02 |
| Lipídeos | 4,14 ^a ±0,65 | 4,28 ^a ±0,04 | 4,06 ^a ±1,39 | 8,15 ^a ±1,06 | 4,53 ^a ±0,41 |
| Proteínas | 9,04 ^a ±0,21 | 8,48 ^a ±0,14 | 9,23 ^a ±0,46 | 9,51 ^a ±1,56 | 8,75 ^a ±0,84 |
| Carboidratos totais | 74,12 ^a ±0,34 | 74,02 ^a ±0,33 | 74,53 ^a ±1,48 | 69,33 ^a ±1,52 | 73,78 ^a ±0,97 |
| Valor energético | 373,14 | 368,48 | 372,02 | 388,71 | 388,91 |

Médias ± desvio padrão com letras diferentes na mesma linha diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A1(formulação da barra sem acréscimo da FCJ). A2 (formulação da barra com acréscimo de 10% da farinha torrada). A3 (formulação da barra com acréscimo de 30% da farinha torrada). A4 (formulação da barra com acréscimo de 10% da farinha seca). A5 (formulação da barra com acréscimo de 30% da farinha seca).

Observa-se que para o teor de umidade, as amostras tiveram um valor considerável. Como citado anteriormente, é importante ter-se o controle de umidade pois é um fator que pode ocasionar a proliferação de microrganismos nos alimentos. Controlá-lo é essencial para que o produto tenha mais qualidade e vida útil, além de garantir a segurança alimentar do consumidor. A formulação que se destacou com uma quantidade menor de umidade, foi a A3. Logo, a quantidade de umidade interferiu significativamente na textura da barra de cereal, deixando-a mais seca e dura. As demais amostras apresentam um teor de umidade considerável para a segurança alimentar e aceitação do consumidor, pois mantém a textura do alimento. Segundo HEIDEN e col. (2014), o teor de cinzas em alimentos pode variar entre 0,1 até 15%. Logo, todas as amostras estão dentro dos valores permitidos pela literatura. As amostras que contêm mais quantidade de farinha, tem-se maior conteúdo de cinzas. Para o teor de lipídios, observa-se que as formulações não apresentaram diferença em comparação com a formulação sem acréscimo da FCJ. A amostra A4 apresentou uma porcentagem maior que as demais. A alteração da porcentagem maior de lipídios pode ter sido ocasionada na preparação da amostra, onde foi realizada por meio de maceração e não por trituração, o que dificultou a homogeneização da amostra, pois a trituração iria ocasionar uma diminuição ainda maior das partículas. As demais apresentaram um teor de lipídios baixo, comparado aos que foram encontrados por Silva (2015).

Segundo Silva (2015), as proteínas são nutrientes essenciais para a nutrição humana, por exercerem funções muito importantes no organismo, como auxiliar na construção de tecidos e na formação de enzimas, como as enzimas digestivas e hormônios, como a insulina. Todas as formulações apresentaram um teor de proteínas equilibrados. A que mais se destacou, foi a formulação A5, com acréscimo de 30% de farinha de sementes de jaca seca. Para carboidratos, as formulações apresentaram uma média de aproximadamente 73%. O valor encontrado nesta pesquisa foi maior que o encontrado por Silva (2015), que foi de aproximadamente 53%. O que possivelmente ocasionou um alto teor de carboidratos, pode ter sido a presença de farinha de arroz na composição da barra de cereais.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, demonstram que as formulações das barras de cereais, apresentam um potencial para comercialização. As farinhas podem ser

favoráveis na utilização em formulações de outros produtos alimentícios como fonte alternativa de alimentos nutritivos e de baixo custo, além de propagar uma alimentação sustentável utilizando resíduos. De posse dessas informações, o uso de resíduos contribui para uma valorização comercial e para oferta de uma alimentação saudável e diversificada, possibilitando o aproveitamento dos mesmos nutricionalmente. Assim, a elaboração de barras de cereais com o acréscimo de farinha de caroços de jaca, é viável pela sua facilidade de elaboração, de baixo custo, por sua qualidade sensorial, nutricional e que agrega benefícios à saúde e o meio ambiente, podendo ser introduzido no mercado e na alimentação cotidiana, considerando o cenário atual de busca por alimentos mais natural e nutritivos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA. I da S. Avaliação bromatológica da farinha de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) como possível substituinte da aveia para elaboração de barras de cereais. 2016. 48 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Farmácia, Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, Bahia, Brasil, 2016.

BUENO. T. M. Efeito do forneamento e resfriamento em barras de cereais elaboradas com resíduos de uva e jabuticaba. 2019. 44 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 2019.

DE SOUSA. A. P. M. et al. Cinética de secagem de resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam.*). Research, Society and Development, v. 10, n. 2, p. e31510212610-e31510212610, 2021.

DOS SANTOS SOUZA. H. M et al. Potencialidade da polpa e dos resíduos da jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) na elaboração de um doce sustentável. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 11, p. 87251-87269, 2020.

FONSECA. C. M. B. Desidratação da Jaca (*Artocarpus Heterophyllus lam.*) de são Tomé e Príncipe. Análise Físico-Química de Amostras Frescas e Desidratadas. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal), 2016.

MUNIZ. C. E. S. Elaboração de barras de cereais utilizando resíduos agroindustriais de goiaba e caju enriquecidos proteicamente por via microbiana. 2017.72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017.

SILVA, A. C. da. Desenvolvimento e caracterização de produtos alimentícios elaborados a partir da semente de jaca. 2015. 62 f. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, Paraíba, Brasil, 2015.

SILVA, I. G. da. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 22, p. 01-10, 2019.

HEIDEN, T. et al. Determinação de cinzas em diversos alimentos. Instituto Federal Catarinense, p. 1-5, 2014.

Efeitos da radiação gama em fitoterápicos *Baccharis trimera* e *Maytenus ilicifolia* visando a descontaminação

Autores:

Edmilson Jovino Antunes

Mestre em Tecnologia Nuclear - Aplicações, Professor do Centro Paula Souza, Itapetininga, São Paulo

Valter Arthur

Professor Doutor, Centro de Energia nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo

DOI: 10.58203/Licuri.22185

Como citar este capítulo:

ANTUNES, Edmilson Jovino; ARTHUR, Valter. Efeitos da radiação gama em fitoterápicos *Baccharis trimera* e *Maytenus ilicifolia* visando a descontaminação. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 53-65.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O ser humano desde sempre buscou retirar da natureza recursos para melhorar sua qualidade de vida; no Brasil, século XIX, o processo de produção industrial de medicamentos cresceu vertiginosamente, deixando para traz os processos de cura por meio de ervas medicinais. Alguns autores constataram que as plantas medicinais possuem alta carga microbiana, com microrganismos provenientes do solo, e presentes na superfície dos vegetais, ou decorrentes de más condições de manipulação e armazenamento, existindo a necessidade de um tratamento eficaz no processo de desinfecção das plantas, tanto para consumo “in natura” como para os produtos em estoque. Os alimentos são irradiados com as mais diversas finalidades tais como: desinfecção de agentes causadores de doenças, prolongar o tempo de vida útil do produto, inibir o brotamento, inativação de organismos que degradam o alimento, retardo da maturação, entre outros. O presente trabalho teve por objetivo validar a eficiência do processo de irradiação gama, na descontaminação de duas espécies (cultivar) de plantas Carqueja, (*Baccharis trimera* (Less.) e espinheira santa (*Maytenus ilicifolia* (Schrad.)). As amostras foram irradiadas no irradiador multipropósito instalado no IPEN. As doses foram de 0 controle, 2,5; 5,0 e 7,5 kGy sob uma taxa de dose de 7,5 kGy. Após a irradiação foram feitas as análises microbiológicas das amostras. Pelos resultados obtidos foi possível concluir que a dose de 5,0 kGy, foi suficiente para controlar os micro-organismos utilizados no experimento.

Palavras-chave: Radiação ionizante, Ervas medicinais, Fitoterápicos, Desinfestação.

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios o homem utilizou-se das plantas para sua sobrevivência, existindo relatos de sua utilização 3000 a.C na China. O ser humano desde sempre buscou retirar da natureza recursos para melhorar sua qualidade de vida; no Brasil, século XIX, o processo de produção industrial de medicamentos cresceu vertiginosamente, deixando para traz os processos de cura por meio de ervas medicinais. No Brasil, partir de 2006 ocorreu um movimento incentivado pelo Governo Federal de inserção das plantas medicinais no Sistema Único de Saúde.

No entanto, a grande preocupação está relacionada à saúde alimentar que envolve desde o plantio, o manejo, a manipulação e estocagem do produto. Segundo ZARONI et al., 2004, constatou-se que as plantas medicinais possuem alta carga microbiana, com microrganismos provenientes do solo, e presentes na superfície dos vegetais, ou decorrentes de más condições de manipulação e armazenamento, existindo a necessidade de um tratamento eficaz no processo de desinfecção das plantas, tanto para consumo “in natura” como para os produtos em estoque.

Com o intuito de estabelecer as diretrizes para a atuação do governo na área de plantas medicinal e fitoterápico, foi elaborada a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, que constitui parte essencial das políticas públicas de saúde, meio ambiente, desenvolvimento econômico e social bem como um dos elementos fundamentais de transversalidade na implementação de ações capazes de promover o desenvolvimento na qualidade de vida da população brasileira (MINISTERIO DA SAUDE 2016).

A espinheira-santa é uma planta medicinal da espécie *Maytenus ilicifolia*, rica em flavonóides, taninos e triterpenos, que têm propriedades antioxidantes, cicatrizantes e protetoras gástricas, sendo, por isso, popularmente utilizada como remédio caseiro para auxiliar no tratamento de úlcera gástrica, azia, gastrite, acne ou eczema. A parte normalmente utilizada da espinheira-santa são as folhas de onde são extraídas as substâncias ativas que podem ser usadas na forma de chá, compressas, extrato fluido ou cápsulas, encontradas em ervanárias ou lojas de produtos naturais. Embora tenha benefícios para a saúde, o uso desta planta medicinal não substitui o tratamento médico e deve ser sempre feito com orientação médica, ou de outro profissional de saúde que tenha experiência com o uso de plantas medicinais. A espinheira-santa é rica taninos, como a epigalocatequina, e polissacarídeos, como o arabinogalactano, com forte ação

antioxidante, anti-inflamatória e protetora gástrica, que ajudam a melhorar problemas de estômago como úlcera gástrica, azia, gastrite, má digestão ou dor de estômago.

A carqueja é uma planta medicinal, da espécie *Baccharis trimera*, muito utilizada como remédio caseiro para regular a pressão arterial e os níveis de açúcar no sangue, além de ajudar a fortalecer o sistema imunológico. Devido à sua ação anti-inflamatória e diurética, a carqueja também pode ser usada para melhorar a digestão, combater os gases e ajudar a emagrecer, por exemplo. O chá de carqueja, preparado com as hastes, é a forma mais utilizada para consumir a planta, que pode ser encontrada em lojas de produtos naturais e algumas farmácias de manipulação. Outra forma de usar a carqueja é na forma de cápsulas. Embora tenha diversos benefícios para a saúde, o uso da carqueja também pode causar efeitos colaterais, principalmente quando é consumida em quantidade excessiva, além de ser contraindicada para mulheres grávidas ou em amamentação. Por isso, o uso da carqueja deve ser sempre feito com orientação de um médico ou outro profissional de saúde que tenha experiência com o uso de plantas medicinais.

Pode se definir irradiação de alimentos como sendo um processo físico de emissão e propagação de energia, num determinado espaço dentro de um material, este podendo ser composto de diversas substâncias como os alimentos, com o objetivo de induzir a esterilização ou preservação pela destruição de microrganismos, parasitas, insetos e outras pragas (GERMANO e GERMANO, 2015)

Com relação a estes aspectos foi criado um Comitê Misto de especialista em irradiação de alimentos da FAO/OIEA/OMS e *Codex Alimentarius*, decidiu em 1980, recomendar como fontes de irradiação de alimentos aquelas com baixos níveis de energias (ORDONEZ, 2005).

É muito importante destacar o papel econômico e social deste processo de conservação e preservação dos alimentos, vindo de encontro ao padrão de consumo vivido pela sociedade atualmente, que vem buscando um alimento de qualidade do ponto de vista nutricional, de saúde e microbiológico, sendo que os alimentos devem apresentar segurança alimentar e evitar a ocorrência das doenças transmitidas pelos alimentos (DTA) (MODANEZ, 2012; FELLOWS, 2006).

Segundo o Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos (ICGFI, 1999) afirmaram que os benefícios da irradiação podem ser resumidos em: segurança alimentar, eliminação de micro-organismos, diminui o desperdício de

alimentos, aumento da vida útil de prateleira, preserva os nutrientes, reduz as perdas pós colheita, inclusive diminui a utilização de agrotóxico para controle de pragas e insetos.

Várias nações já usam o processo de irradiação de alimentos para melhorar a segurança dos alimentos que são fornecidos à população. Aproximadamente 38 países estão utilizando este método de conservação e preservação, entre eles podem-se citar os Estados Unidos, Japão, China, Holanda, Rússia e França, inclusive o Brasil e sabe-se que existem cerca de 160 irradiadores no mundo, sendo que 140 deles em funcionamento para a irradiação dos alimentos (LADEIRA, 1999).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 21 de 26/01/2001 (BRASIL, 2001), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Decreto nº 72.718 de 29/08/1973, normatizam o uso da irradiação ionizante, no país, para garantir a qualidade sanitária dos alimentos e um padrão de qualidade e identidade e a inocuidade para o consumo humano do alimento irradiado.

Os alimentos são irradiados com as mais diversas finalidades tais como: desinfecção de agentes causadores de doenças, prolongar o tempo de vida útil do produto, inibir o brotamento, inativação de organismos que degradam o alimento, retardo da maturação, entre outros (DIEHL, 2002; VILLAVICENCIO et al., 2007). A característica da radiação de alta energia é causar ionização no meio em que é absorvida, ou seja, é capaz de remover elétrons de seus orbitais, seja em átomos ou moléculas (ICGFI, 1995; IAEA, 2001).

O processo de irradiação pode inibir a divisão de células vivas, como microrganismos, promovendo uma alteração em sua estrutura molecular (BRASIL, 2001a). As células vegetativas são, geralmente, mais sensíveis à radiação ionizante do que bolores e leveduras que, por sua vez, são mais resistentes do que os esporos bacterianos (DIEHL, 2002; MONK et al., 1995).

A radiação ionizante quando é absorvida por um material biológico, pode ter ação direta ou indireta sobre o material que recebeu este processamento. O mecanismo primário no qual a radiação destrói os microrganismos é dado pela quebra das fitas duplas de DNA causando inativação dessa célula. Esse processo é dominante quando esporos secos de microrganismos são irradiados. Já o efeito indireto é responsável por 70% de todo efeito da radiação e é ocasionado pela interação da radiação com a molécula de água, o que acaba por gerar os chamados radicais livres. Estes irão interagir com outros constituintes do material biológico tratado com radiação, de maneira similar aos que reagem nos

alimentos. Esse efeito é importante em células vegetais, que possuem uma abundante quantidade de água (HAYES et al., 1995; MONK et al., 1995; MOREHOUSE, 1998).

Esses radicais livres são produzidos, mesmo quando são utilizadas baixas doses. A interação da água com o oxigênio pode aumentar intensamente a produção desses radicais, principalmente o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que é conhecido por ser um agente oxidante (DIEHL, 2002). Por muito tempo os alimentos irradiados foram estudados, até que se chegou à conclusão que os alimentos submetidos ao processamento por radiação, cuja dose utilizada não interferir nas propriedades sensoriais e na composição do alimento, do ponto de vista toxicológico, são seguros para o consumo humano (DELINCEE ; POOLI-ZOBEL, 2002; WHO, 1994). O ICGFI (2002) recomenda entre 1 e 10 kGy para a descontaminação de especiarias.

A irradiação de alimentos é um dos tratamentos mais estudados e avaliados; a técnica consiste da exposição dos alimentos a uma fonte controlada de radiação ionizante, durante um determinado período de tempo. O propósito é esterilizar ou reduzir a contaminação de micro-organismos patogênicos, desinfetar os vegetais de insetos e parasitas, retardar o amadurecimento de frutos e inibir o brotamento de raízes. Tais efeitos contribuem para o aumento da vida útil dos alimentos e o seu suprimento nos períodos de entressafra. (TEZOTTO et al.,2015). O presente trabalho teve por objetivo validar a eficiência do processo de irradiação gama, na desinfecção de duas espécies de plantas medicinais.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados foram as drogas vegetais frescas de Carqueja, (*Baccharis trimera* (Less.) e espinheira santa (*Maytenus ilicifolia* (Schrad.)), aproximadamente 1500 g de cada espécie, provenientes de produtores rurais locais, embalagens para armazenamento do produto “in natura” e sacos plásticos de polietileno com fechamento hermético para preparar o vegetal para o tratamento de irradiação.

As amostras foram higienizadas seguindo protocolo relacionado às Boas Práticas de Fabricação dos Alimentos (BPF) segundo a Resolução da Diretoria Colegiada nº 216, Figura 1, (BRASIL, 2004). Depois foram separadas por espécie tipo e colocadas em sacos de polietileno com lacre de zíper na parte superior e todos identificados para o processo de irradiação. O material em estudo foi separado em duas partes no laboratório do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Escola Técnica Darcy Pereira de Moraes.

Localizado na Rodovia Gladys Bernardes Minhoto, Km 11, Capão Alto, Itapetininga, SP., Brasil.

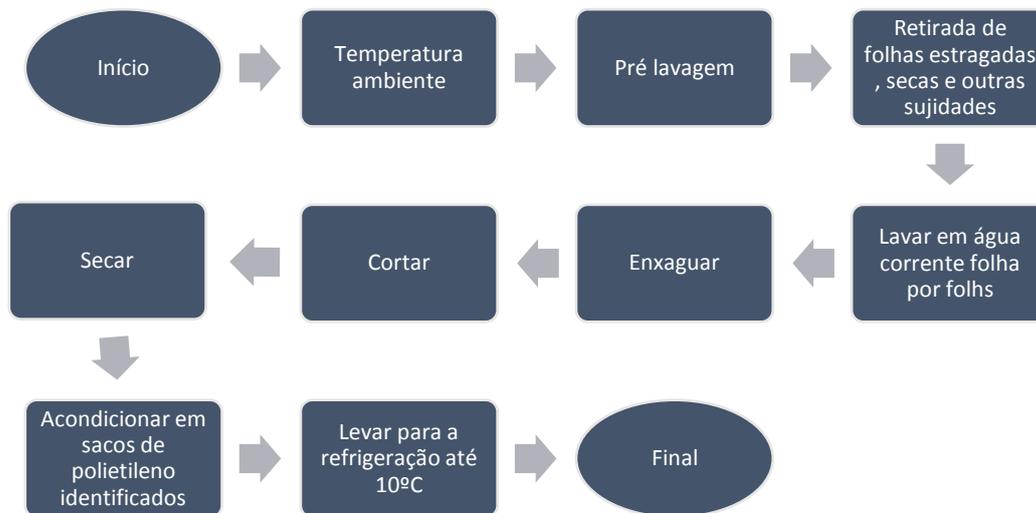


Figura 1. Processo de higienização das amostras. Fonte; Regioli, 2020.

Uma das embalagens foi destinada à montagem das amostras controle (testemunhas) para cada uma das especiarias, sempre foram feitas em triplicata; e as outras três partes foram destinadas à montagem das triplicatas para cada uma das doses de irradiação utilizadas: 2,5 kGy, 5,0 kGy e 7,5 kGy. E foram processadas no Irradiador multipropósito de Cobalto 60, sob uma taxa de dose de 7,5 kGy (Figura 4), instalado no Centro de Tecnologia das Radiações (IPEN/CNEN/USP). Para aferir o as doses utilizadas foram utilizadas dosímetros da marca Gammachrome YR Batch 530 nm (Figura 4). Após o processo de irradiação foram armazenados em refrigerador a temperatura a 8°C para posterior análise microbiológica.

As amostras controle foram colocadas em sacos de polietileno e identificadas por especiaria da seguinte forma: carqueja controle amostra-1, carqueja controle amostra-2, carqueja controle amostra-3, e assim por diante até todas as especiarias terem sido identificadas e colocadas nesses sacos. Após esse procedimento, as amostras controle e as testemunhas foram armazenadas em refrigeração e, em seguida, transportadas até o irradiador multipropósito no IPEN. As amostras controle foram deixadas em uma área de descanso próxima ao irradiador, e as amostras que seriam irradiadas foram levadas ao irradiador para serem processadas.



Figura 2. Irradiador multipropósito (imagem à esquerda) do Centro de Tecnologia das Radiações (IPEN/CNEN/USP) e Dosímetro Gammachrome YR Batch 530 nm (imagem à direita). Fonte: IPEN (2019). Fonte: IPEN (2019).

As análises microbiológicas das amostras de *Salmonella* spp, *Shigella* spp e Coliformes termotolerantes e totais foram determinadas a partir da RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001a). Em almofariz previamente esterilizado, foram adicionadas 25 g da amostra de alimento a ser analisado e 225 mL de água peptonada. Com o auxílio do pistilo, essa mistura foi macerada de forma vigorosa. Ao final desse processo, a amostra estava pronta para diluição seriada seguida de inoculação e incubação, já contando com uma diluição de 1:10, ou seja, 10^{-1} . A diluição seriada é aplicada quando o grau de contaminação presente na amostra de alimentos não é de conhecimento do analista. Devido a isso, para as amostras controles, foi necessário diluí-las mais vezes para, em caso de um grau muito alto de contaminação, ser possível contar as UFC da placa inoculada e incubada. Foram preparados tubos de ensaio com tampão contendo 9 mL de salina 0,9% e esterilizados em autoclave a 120 °C/15min. Com os tubos estéreis e resfriados, foi transferido 1 mL da amostra macerada com diluição 10^{-1} para o primeiro tubo de salina, obtendo-se uma diluição de 1:100, ou seja, 10^{-2} . Do primeiro tubo com diluição de 10^{-2} , foi transferido 1 mL da solução para um segundo tubo de solução salina, obtendo-se uma diluição de 1:1000, isto é, 10^{-3} . Das diluições preparadas, foram realizadas as inoculações e incubações.

Para a inoculação e incubação foram preparadas placas de meio de cultura Agar MacConkey (MC) e *Salmonella* e *Shigella* (SS) previamente esterilizadas para identificação de *Salmonella* spp e Coliformes termotolerantes e totais e inoculado 0,1 mL de cada diluição (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}) utilizando-se da técnica de espalhamento em superfície, a qual foi realizada em triplicata, ou seja, três inoculações por diluição. Esse processo foi

realizado tanto para identificação dos Coliformes termotolerantes totais quanto para *Salmonella* spp. Depois de inoculadas as placas para identificação de Coliformes termotolerantes e totais, foram incubadas em estufa a 45 °C, e as placas para identificação de *Salmonella* spp foram incubadas em estufa a 35-37 °C por um período de 24 horas. Todos os procedimentos descritos anteriormente foram realizados dentro de uma capela de fluxo laminar que se encontrava previamente desinfetada com álcool 70% e na qual foi aplicada luz UV por 20 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constam nas Tabelas 1 e 2 os resultados médios das análises microbiológicas das amostras sem irradiação (0 kGy) (testemunhas) e as amostras irradiadas com as doses de radiação gama de: 2,5 kGy, 5,0 kGy e 7,5 kGy. Os parâmetros seguidos para conformidade das amostras presuntivas foram de acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Para hortaliças e similares - “Frescas, ‘in natura’, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, com exceção de cogumelos” (BRASIL, 2001a).

Tabela 1 - Resultados da análise microbiológica (em UFC/g) das amostras da carqueja com e sem tratamento de irradiação

| Amostra Doses | <i>Salmonella</i> spp | <i>Shigella</i> spp | Coliformes termotolerantes | Coliformes totais |
|---------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|
| 0 kGy | $\geq 10^4$ | $\geq 10^4$ | $2,2 \times 10^5$ | $\geq 10^5$ |
| 2,5 kGy | $\geq 10^3$ | $\geq 10^3$ | $2,2 \times 10^5$ | $\geq 10^5$ |
| 5,0 kGy | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| 7,5 kGy | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |

Tabela 2. Resultados da análise microbiológica das amostras de espinheira santa com e sem tratamento de irradiação.

| Amostra Doses | <i>Salmonella</i> spp | <i>Shigella</i> spp | Coliformes termotolerantes | Coliformes totais |
|---------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|
| 0 kGy | $\geq 10^4$ | $\geq 10^4$ | $2,2 \times 10^5$ | $\geq 10^5$ |
| 2,5 kGy | $\geq 10^3$ | $\geq 10^3$ | $2,2 \times 10^5$ | $\geq 10^5$ |
| 5,0 kGy | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| 7,5 kGy | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |

Podemos observar pelos resultados das Tabelas 1 e 2, que a carga microbiana inicial dessas amostras estava relativamente alta, não apresentando conformidade com a legislação. Na primeira dose de radiação gama com 2,5 kGy aplicada nas amostras não foi suficiente para a descontaminação da carqueja e da espinheira santa. Houve uma redução na carga microbiana na ordem de 10% para *Salmonella* spp e para *Shigella* spp, porém ainda como o material estava em desacordo com a legislação para coliformes termotolerantes e totais. Já para essa classe de bactérias, a dose de 2,5 kGy não foi suficiente para a descontaminação das amostras irradiadas.

Quando o material foi submetido à dose de 5,0 kGy, observou-se que essa dose de radiação gama foi efetiva na descontaminação das amostras, estando de acordo com a legislação sanitária para todos os microrganismos analisados, portanto estando as especiarias próprias para o consumo humano.

O Brasil não possui uma legislação em relação à contaminação por fungos em plantas de chá. A resolução vigente sobre os padrões de contaminação microbiológica de alimentos (RDC 12/2001) apenas inclui valores para *Salmonella* sp. e Coliformes (BRASIL, 2001b). A Organização Mundial da Saúde recomenda que as plantas que serão utilizadas em infusões quentes tenham uma contaminação fúngica de até 10^5 UFC/g na planta (WHO, 1998). Os valores encontrados nesse trabalho estão dentro do recomendado pela OMS.

Diversos autores encontraram níveis altos de contaminação de fungos em diversos tipos de plantas utilizada em infusões (AQUINO et al., 2010; ARAUJO, OHARA, 2000; ALMEIDA 2012; MARTINS et al., 2001) e mesmo aqueles em que a contaminação foi baixa, a maioria dos fungos eram produtores de micotoxinas como os do gênero *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium* (BERNARDI et al., 2005; BUGNO et al., 2005; CARVALHO et al., 2009; ROCHA et al., 2005).

A dose de 5,0 kGy, que foi a dose mínima para que não apresentasse crescimento de fungos nos chás com A_w baixa, está de acordo com a literatura. Kayusin-Razem et al. (2001) relataram que a faixa de dose entre 5,0 a 8,0 kGy é suficiente para descontaminar diversos materiais vegetais secos. Mishra et al. (2006) verificaram que a dose mínima de 5,0 kGy foi necessária para eliminar o crescimento de fungos, principalmente do gênero *Aspergillus* em *C. sinensis*. Aquino et al. (2010) observaram que *C. sinensis* com A_w de 0,58 irradiadas com 5,0 kGy tiveram a carga fúngica diminuída a níveis não detectados. Thomas et al. (2008) descreveram que dois tipos de chá preto irradiado com 7,0 kGy tiveram seus níveis de contaminação diminuídos ao nível não detectado, porém

nenhuma dose mais baixa foi utilizada. Com o aumento da A_w , as células microbianas aumentaram seus metabolismos, entrando na fase Log e nessa fase, devido à alta velocidade de reprodução e metabolismo, essas células são mais sensíveis à radiação (TORTORIA et al., 2002). A sinergia desse fenômeno com a radiólise faz com que a dose de radiação seja menor para diminuir a contaminação microbiológica em plantas de chá com alta A_w . Fanaro (2013) concluiu que a dose de 5,0 kGy foi suficiente para o controle microbiológico em chá verde e chá preto de *Camellia sinensis*. Reggiolli (2020) concluiu que a dose de 5,0 kGy foi eficiente na descontaminação microbiana das especiarias estudadas.

CONCLUSÕES

A dose de 5,0 kGy foi suficiente para fazer a desinfecção das duas espécies de planta carqueja, *Baccharis trimera* (Less.) e espinheira santa *Maytenus ilicifolia* (Schrad.).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.C. *Efeitos do processamento por radiação em espécies da família zingiberaceae: açafrão (Curcuma longa L.), gengibre (Zingiber officinale Roscoe) e zedoária (Curcuma zedoaria (Christm.)Roscoe)*. 2012. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

AQUINO, S. *Efeitos da radiação gama no crescimento de Aspergillus flavus produtor de aflatoxinas e no emprego da técnica da reação em cadeia de polimerase (PCR) em amostras de grãos de milho inoculadas artificialmente*. 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

AQUINO, S.; GONÇALEZ, E.; ROSSI, M.H.; NOGUEIRA, J.H.C.; REIS, T.A.; CORREA, B. Evaluation of fungal burden and aflatoxin presence in packed medicinal plants treated by gamma radiation. *J. Food Protec.*, v. 73, p. 932-937, 2010.

ARAÚJO, A.L.D.; OHARA, M.T. Qualidade microbiológica de drogas vegetais comercializadas em feira de São Paulo e de infusos derivados. *Rev. Bras. Cienc. Farmac.*, v. 36, p. 129-137, 2000.

BERNARDI, E.; CALDEIRA, M.F.; NASCIMENTO, J.S. Identificação de fungos filamentosos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. Hil.). *Arq. Inst. Biol.*, v. 72, p. 489-493, 2005.

BRASIL. **Regulamento técnico para irradiação de alimentos**. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n° 21, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2001a.

BRASIL. **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n° 12, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2001b.

BUGNO, A.; BUZZO, A.A.; NAKAMURA, C.T.; PEREIRA, T.C.; MATOS, D.; PINTO, T.J.A. Avaliação da contaminação microbiana em drogas vegetais. *Rev. Bras. Ciênc. Farm.*, v. 41, p. 491-497, 2005.

CARVALHO, S.; STUART, R.M.; PIMENTEL, I.C.; DALZOTO, P.R.; GABARDO, J.; ZAWADNEAK, M.A.C. Contaminação fúngica em chás de camomila, erva-doce e erva-mate. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v. 68, p. 91-5, 2009.

LINCÉE, H.; POOL-ZOBEL, B. L. Genotoxic properties of 2-dodecylcyclobutanone, A compound formed on irradiation of food containing fat. *Radiat. Phys. Chem.*, v. 52, p. 39-42, 1998.

DIEHL, J.F. Food irradiation - past, present and future. *Radiat. Phys. Chem.*, v. 63, p. 211-215, 2002.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. New York: Marcel Dekker, 1995. FANARO, G. B. **Efeito da radiação ionizante na formação de voláteis em chás da planta *Camellia sinensis* (L)**. 2009. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

FANARO, G. B. **Efeito da radiação ionizante em chás da planta *Camellia sinensis* irradiados com diferentes atividades de água**. Tese de Doutorado IPEN, 2013, 90 p.

FANARO, G.B.; ARAÚJO, M.M.; THOMAZ, F.S.; DUARTE, R.C.; VILLAVICENCIO, A.L.C.H. Comparison of treatment in soybean grains between ⁶⁰Co and e-beams applications. In: International Nuclear Atlantic conference (INAC) - VIII ENAN, 2007. **Proceedings...** Santos, SP. Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN), 2007.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. 5ªed. Barueri: Manole,2015.

HAYES, D.J.; MURANO, E.A.; MURANO, P.S.; OLSON, D.G.; SAPP, S.G. **Food Irradiation: A Sourcebook**. 1 ed. [S.I]: Ames, 1995.

IAEA. International Atomic Energy Agency - Food irradiation with emphasis on process control and acceptance in Asia. **IAEA TEC.DOC-871**, 2001.

ICGFI. The development of X-ray machines for food irradiation. Vienna, Austria, 1995.

KATUSIN-RAZEM, B.; NOVAK, B. RAZEM, D. Microbiological decontamination of botanical raw materials and corresponding pharmaceutical products by irradiation. *Radiat. Phys. Chem.*, v. 62, p. 261-275, 2001.

LADEIRA, L.C.D. O que é irradiação de alimentos. Revista Eco 21, Rio de Janeiro. Edição 42, setembro-outubro de 1999. Disponível em: <http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=695>. Acesso em 9 de julho de 2016.

MARTINS, H.M.; MARTINS, M.L.; DIAS, M.I.; BERNARDO, F. Evaluation of microbiological quality of medicinal plants used in natural infusions. *Int. J. Food Microb.*, v. 68, p. 149-151, 2001.

MODANEZ, L. Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação. 2012. 104p. Tese (Doutorado) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2012.

MOREHOUSE, M. Food irradiation: the treatment of foods with ionizing radiation. *Food Test. Anal.*, v. 4, 1998.

MISHRA, B.B.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Microbial decontamination of tea (*Camellia sinensis*) by gamma radiation. *J. Food Sci.*, v. 71, p. M151-M156, 2006.

MONK, J. D.; BEUCHAT, L. R.; DOYLE, M. P. Irradiation inactivation of food-borne microorganisms. *J. Food Protec.*, v. 58, p. 197-208, 1995.

MOREHOUSE, M. Food irradiation: the treatment of foods with ionizing radiation. *Food Test. Anal.*, v. 4, 1998.

ORDONÊZ, J.A. Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos. V. 1. Porto Alegre Artmed, 2005.

REGGIOLLI, M. R. *Os efeitos da irradiação gama sobre as especiarias*. Tese doutorado IPEN, 2020, 109 p.

ROCHA, L.O.; SOARES, M.M.S.R.; CORRÊA, C.L. Análise da contaminação fúngica em amostras de *Cassia acutifolia* (sene) e *Peumus boldus* (Molina) Lyons (boldo-do-chile) comercializados na cidade de Campinas, Brasil. *Rev. Bras. Cien. Farmac.*, v. 40, p. 521-527, 2004.

TUA SAUDE. Disponível em : <https://www.tuasaude.com/carqueja/espinaheira-santa#:~:text=A%20carqueja%20%C3%A9%20rica%20em,gripes%20e%20resfriados%2C%20por%20exemplo>. Acesso em 25/05/2022.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. *Microbiologia*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SLIVA, P. P. M.; KLUGE, R. A.; SPOTO, M. H. F. Radiação Gama em Produtos de Origem Vegetal. *Rev. Virtual Quim.*, 2015, 7 (1), 267-277.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; FANARO, G.B.; ARAÚJO, M.M.; AQUINO, S.; SILVA, P.V.; MANCINI-FILHO, J. Detection of *Phakopsora pachyrhizi* by polymerase chain reaction (PCR) and use of germination test and DNA comet assay after e-beam processing in soybean. *Radiat. Phys. Chem.*, v. 76, p. 1878-1881, 2007.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Quality control methods for medicinal plant materials*. World Health Organization: Geneva, 1998. 122p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Safety and nutritional adequacy of irradiated food*. Geneva, 1994.

Efeitos da Radiação Gama do Cobalto-60 em Frutos de Abacate (*Persea americana*) Cultivar Geada Visando Aumentar a Vida Útil de Prateleira

Autores:

Lilian Karla Figueira Silva

Professora Doutora do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Barreiras, Bahia

Valter Arthur

Professor Doutor, Centro de Energia nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo

DOI: 10.58203/Licuri.22186

Como citar este capítulo:

SILVA, Lilian Karla Figueira; ARTHUR, Valter. Efeitos da Radiação Gama do Cobalto-60 em Frutos de Abacate (*Persea americana*) Cultivar Geada Visando Aumentar a Vida Útil de Prateleira. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 66-75.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de diferentes doses de radiação gama em frutos de abacate (*Persea americana* Mill.) da variedade Geada. Os frutos foram irradiados com doses de 0, 50, 75, 100, 125 e 150 Gy, em irradiadores Gammacell-220, com fonte de Co-60. Os parâmetros analisados foram: perda de peso, cor, acidez total, sólidos solúveis, textura, pH, análise sensorial (sobe Hedônico de 9 pontos) e prazo de validade em temperatura ambiente e refrigerado a 10°C, nos tempos 0, 10, 20 e 30 dias. À temperatura ambiente, os frutos irradiados apresentaram perda de peso de até 15,4% em relação à testemunha. Sob refrigeração, foi observado efeito positivo, em todas as doses utilizadas, na redução da perda de peso, devido à associação da baixa temperatura com a irradiação. No parâmetro Cor foi observado valor médio de 41,47 para valor L nos frutos no ponto de colheita. Aos 10 dias de armazenamento, à temperatura ambiente, houve diferença significativa para 125 Gy, que apresentou polpa escurecida para o valor L. Os parâmetros acidez, pH e sólido solúvel tiveram variação significativa em relação às doses empregadas, sendo observada uma redução progressiva da acidez com o tempo de armazenamento. O teor de sólidos solúveis e textura aumentou com os tratamentos de irradiação. As análises sensoriais mostraram que a melhor aceitação dos frutos irradiados foi com a dose de 125 Gy. Portanto a dose de 150 Gy é recomendada para frutas conservadas à temperatura ambiente e de 125 Gy é para frutas mantidas refrigeradas.

Palavras-chave: Irradiação Ionizante. Alimento. Conservação.

INTRODUÇÃO

O abacateiro é originário da América Central e Norte da América do Sul e após a colonização espanhola expandiu-se para todo o continente americano. DONADIO (1995). No Brasil, o abacateiro foi introduzido em 1809 SIMAO (1971). A média das perdas de frutos de abacate por falta de tratamento, tanto na pré como na pós-colheita, está entre 30 a 40 %,o que corresponde de 7,5 a 10 milhões de toneladas por ano NEVES FILHO (2002).

A irradiação de frutos tem como principal objetivo reduzir ou retardar os danos causados por doenças ou insetos, além do prolongamento do tempo de armazenamento pelo retardo no amadurecimento. O tratamento consiste na exposição do produto a uma fonte de radiação (p.ex. o Cobalto-60) KLUGE (2003).

Muitos estudos têm sido feitos para aumentar a vida de prateleira de abacates através do uso da irradiação e determinar os efeitos nas propriedades organolépticas deste fruto, mas os resultados indicam que não há uma dose ou faixa de doses de radiação que seja uniforme e que poderia ser recomendada para todas as cultivares (BRODRICK; THOMAS 1978, AREVALO et al., 2002, AREVALO et al., 1995, SILVA 2004, KLUGE et al., 2003, GERMANO; ARTHUR; WIENDL 1996, KAHAN et al., 1968), Portanto este trabalho teve como objetivo acrescentar mais informações sobre a irradiação de abacate da variedade *Persea americana*.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido nos laboratórios da Seção de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) Utilizou-se um irradiador, marca Gammacell-220 com Cobalto-60. Os frutos de abacate, cultivar Geadá, foram colhidos no pomar do Departamento de Horticultura da ESALQ/USP.

Irradiação do Abacate

Foram utilizados 24 frutos por dose, sendo 12 frutos por temperatura (ambiente e à 10°C) e seis frutos para análise sensorial e seis para as análises destrutivas. Os frutos com aspecto impróprio para o consumo, foram descartados das análises. As análises destrutivas dos frutos, foram feitas com 7 e 10 dias para frutos mantidos em temperatura ambiente, 20 e 30 dias para a temperatura de 10°C, enquanto que as não destrutivas, foram realizadas com 7 e 10 dias para temperatura ambiente e à 10°C, com 10, 20 e 30 dias.

Após a colheita, os frutos ficaram a 25°C por uma noite e irradiados no dia seguinte nas doses: 0 (testemunha), 50, 75, 100, 125 e 150 Gy. Os frutos foram identificados, etiquetados e separados em dois grupos: temperatura ambiente e em câmara climatizada com temperatura média de 10°C. Procedeu-se ao armazenamento por até 15 dias à temperatura ambiente que variou entre 20 e 35°C e umidade relativa variando entre 70 a 80 %, medidos por um termohigrógrafo. A 10°C, a umidade relativa foi medida por um termohigrógrafo digital portátil e variou entre 40 a 60 %, SILVA (2004).

Análises Físico-Químicas

Analisou-se, em triplicata: *Peso* - com balança analítica digital com uma casa decimal. A perda de peso foi determinada por diferença, antes e após os tratamentos de irradiação, com os resultados expressos em porcentagem. *Cor Interna e Externa* - com colorímetro MINOLTA CHROMA METER-CR 200b iluminante D 65 e observador padrão 2, com resultados expressos pelos parâmetros de cor L, a e b. *Textura* - usou-se um penetrômetro durômetro modelo Wagner Force Dial FDN indicado para frutas. *pH* - determinado diretamente em pHmetro (potenciômetro modelo DMPH-2 marca DIGIMED) (IAL, 1985). *Acidez Total Titulável (ATT) e Sólidos Solúveis Totais (SST)* - determinados segundo normas do Instituto Adolfo Lutz (1985), os resultados expressos em percentual de ácido cítrico na polpa e em °Brix, respectivamente. *Razão Sólidos Solúveis/Acidez Titulável*: feito pela razão dos valores encontrados dos sólidos solúveis e da acidez titulável SILVA (2004).

Análise Estatística

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com repetições e os tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5 % de probabilidade SILVA (2004).

Análise Sensorial

As análises de preferência e aceitabilidade do fruto irradiado (aparência externa e interna, aroma, cor, sabor e textura) através dos Testes de Ordenação e Escala Hedônica Estruturada, utilizaram 30 provadores não treinados SILVA 2004, DELLA MODESTA, (1994)..

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Físico-Química

Peso - Verificou-se diferença significativa na perda de peso entre os tratamentos, para cada período de armazenamento, exceto aos 20 dias para o tratamento sob-refrigeração. Estudos relatam que a radiação gama pode aumentar a permeabilidade das membranas, as atividades metabólicas e romper ligações químicas, acentuando o movimento do vapor da água para os espaços intercelulares, aumentando assim, a transpiração e conseqüentemente a perda de água PIMENTEL (2001). No ensaio em temperatura ambiente, a maior perda de peso ocorreu para o tratamento 75 Gy e a menor para a testemunha. A radiação acelerou o processo de maturação em relação à testemunha em todos os tratamentos. Para o ensaio 10°C, os frutos testemunha perderam mais peso que os frutos tratados com radiação gama. Este fato revela que a combinação dos dois métodos foi eficiente na conservação dos frutos de abacate da cultivar Geada por até 30 dias SILVA (2004).

Cor Interna - Observou-se um valor médio de 41,47 para o valor L em frutos no ponto de colheita. Aos 10 dias de estocagem à temperatura ambiente, houve diferenças significativas para o valor L para dose 125 Gy, que apresentou polpa escurecida. Nas doses 50 Gy e 125 Gy, aos 20 dias, os frutos refrigerados diferiram significativamente dos demais tratamentos apresentando descoloração, concordando com BRODRICK; THOMAS (1978). Para a variável a^* , verificou-se que apenas os frutos mantidos à 10°C com 20 e 30 dias de armazenamento não apresentaram diferenças significativas entre si. Observou-se que para os frutos mantidos à temperatura ambiente, por 7 dias, as médias da variável b^* nos frutos irradiados não diferiram significativamente. Em frutos armazenados por 10 dias, somente o tratamento com a dose de 125 Gy diferenciou-se da testemunha, apresentando uma coloração amarela mais intensa devido à destruição de carotenóides pela radiação gama, concordando com AREVALO-GALARZA et al., (2002) AREVALO-GALARZA; SAUCEDO-VELOZ; BUSTOS-RAMIREZ (2002), que verificaram o mesmo fenômeno em abacates da cultivar Hass irradiados com 150 Gy. À 10° C, armazenados por 20 dias, os frutos não sofreram influência da radiação gama, enquanto que aqueles armazenados por 30 dias, apresentaram a maior média com o tratamento de 125 Gy, indicando que a radiação induziu um efeito significativo, apresentando uma polpa mais amarelada SILVA (2004).

Cor Externa - As médias do valor L para cor externa foram baixas em relação à cor interna, e não ultrapassaram o valor 60,00 na escala de cores, indicando que as amostras já apresentavam certo grau de escurecimento. Os frutos mantidos em temperatura ambiente, armazenados por 7 dias e tratados com doses acima de 75 Gy, apresentaram as maiores médias e não diferiram entre si, escurecendo menos que a testemunha e que o tratamento com a dose de 50 Gy. Verificou-se que a radiação contribuiu para o escurecimento da casca dos frutos mantidos à temperatura ambiente. À medida que o período de armazenagem aumentava, os valores de L se tornavam maiores para os frutos irradiados e mantidos sob refrigeração, ficando mais claros. As maiores médias ocorreram nas doses de 75, 100 e 150 Gy, para 10, 20 e 30 dias de armazenagem, respectivamente. Para o valor a^* , os frutos mantidos em temperatura ambiente, 0 Gy diferenciou-se de todos os outros tratamentos com exceção da dose 75 Gy, apresentando a coloração verde mais intensa. Para o tratamento com a dose de 50 Gy, a média foi um número positivo, ou seja, a cor verde já não era característica e sim um tom mais marrom-avermelhado, se diferenciando dos demais tratamentos. Em temperatura ambiente, os frutos armazenados até 10 dias apresentaram um escurecimento na casca devido à degradação da clorofila e de caroteno e/ou antocianina. Estes dados concordam com SILVA; DOMARCO (2002), que relataram que em Limão Tahiti, irradiados com doses de 500 Gy e 750 Gy, apresentaram escurecimento na casca. Para o valor b^* , a radiação induziu o efeito significativo em todos os tratamentos, apresentando as maiores médias. Para os tratamentos com frutos mantidos à 10° C, observou-se um aumento gradativo do valor b^* com o passar do tempo, indicando a progressão lenta da coloração amarela SILVA (2004).

Textura - Em temperatura ambiente, a testemunha diferenciou-se de todos os outros tratamentos, apresentando a maior média: 0,58 e 0,81 N, para 7 e 10 dias respectivamente, com maior firmeza, apesar de não apresentarem diferenças significativa nos frutos irradiados, exceto para 75 Gy. Para o ensaio à 10° C e armazenados por 20 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos, já os frutos armazenados com 30 dias no tratamento com 150 Gy, a média foi maior, o que o diferenciou dos outros tratamentos. Nesta dose, os frutos encontravam-se com textura mais firme do que as demais. Estes resultados concordam com YOUNG (1965), quando relatou que abacates da cultivar Fuerte, na Califórnia, irradiados no estágio pré-climatérico com doses de 50 a 100 Gy amadureceram normalmente alguns dias após as testemunhas. Os frutos irradiados

com doses entre 500 e 1000 Gy não amadureceram. Seus tecidos permaneceram firmes e escureceram durante o armazenamento a 20° C SILVA (2004).

pH - Observou-se efeito significativo da radiação para todos os tratamentos. Em temperatura ambiente, a testemunha apresentou a menor acidez, diferenciando-se dos demais tratamentos, aos 7 dias. Com 10 dias, as maiores médias de acidez foram encontradas para os tratamentos com 50 e 75 Gy, os quais diferenciaram-se dos demais frutos irradiados. Efeito similar foi observado aos 20 dias para os frutos refrigerados, sendo mais significativo para os tratamentos 50 e 100 Gy SILVA (2004).

Acidez Total Titulável (ATT) - Não houve diferença significativa entre as médias para os frutos irradiados e mantidos em temperatura ambiente. Os frutos irradiados, mantidos à 10° C, apresentaram efeito significativo em todos os tratamentos. Verificou-se que aos 20 e 30 dias, a dose de 150 Gy, diferenciou-se dos demais, apresentando a maior média, igualando-se significativamente à dose de 100 Gy. Houve um aumento da ATT para os frutos irradiados a partir de 75 Gy e refrigerados, o que confirma o retardo do amadurecimento dos frutos. Este dado é interessante, pois dá subsídios para poder se escolher o tratamento adequado para garantir o aumento do tempo de vida de prateleira dos frutos de abacate SILVA (2004).

Sólidos Solúveis Totais (SST) - Observou-se que tanto para os frutos mantidos à temperatura ambiente quanto à 10°C, houve efeito significativo da radiação gama sobre os frutos, denotando que o processo de irradiação acelerou a maturação dos frutos. As maiores médias encontradas para SST, foram para os tratamentos dos frutos irradiados (100, 125 e 150 Gy) em todos os períodos de armazenamento. Ocorreu um aumento progressivo do teor de sólidos solúveis totais para os frutos mantidos em temperatura de 10°C. Este resultado concorda com CHITARRA; CHITARRA (1990) quando afirmaram que os SST tende a aumentar de acordo com a maturação, devido à hidrólise do amido, havendo aumento no teor de açúcares simples. Mas houve exceção dos tratamentos com as doses de 50 e 125 Gy que não aumentaram e igualaram-se à testemunha, após 30 dias de armazenamento. Verificou-se que apesar do aumento dos SST nos frutos irradiados, os frutos à 10°C, mantiveram as qualidades organolépticas, sendo os preferidos pelos provadores nas análises sensoriais SILVA (2004).

Razão sólidos solúveis/acidez titulável - Houve efeito significativo na razão SST/ATT apenas para os frutos irradiados. As maiores médias para frutos armazenados por 20 dias à 10°C foram alcançadas pelos frutos irradiados com 0, 50 e 75 Gy. Aos 30 dias de

armazenamento, as maiores médias ocorreram para os tratamentos com 0 e 50 Gy. A partir de 75 Gy, frutos refrigerados apresentaram decréscimo da relação SST/ATT, com o passar do tempo. Para os outros tratamentos, houve um aumento na razão SST/ATT, devido à redução na concentração de ácidos orgânicos, indicando uma melhoria nas características organolépticas dos abacates SILVA (2004).

Análise Sensorial

Pode-se observar na Figura 1, que para os frutos mantidos à temperatura ambiente, a aceitabilidade visual para aparência externa foi maior para a testemunha (86,67 %). Já à 10°C, a preferência visual foi para os frutos tratados com 50 e 125 Gy, para 24 e 30 dias, respectivamente. Os frutos menos preferidos foram os tratados com 100 Gy para 7 e 30 dias de armazenamento e a testemunha com 20 dias de armazenamento.

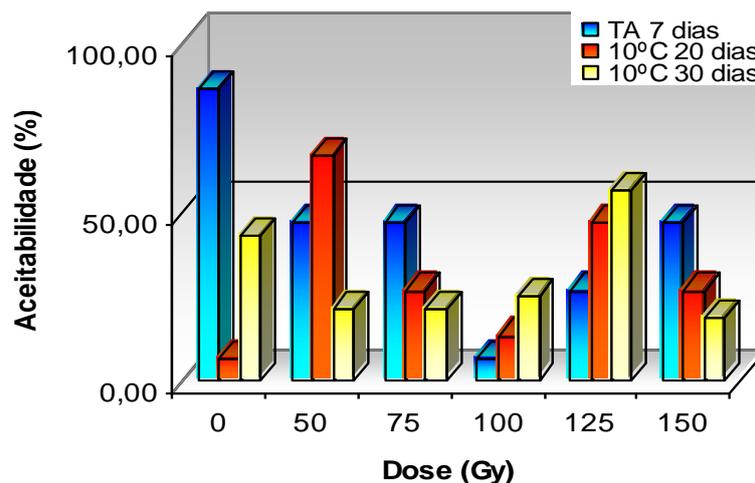


Figura 1. Porcentagem de aceitabilidade do consumidor quanto ao fruto *Persea americana*, cultivar Geada, tratados com doses crescentes de radiação gama.

O tratamento com 125 Gy recebeu a maior nota dos provadores e a menor nota foi obtida para a dose 75 Gy em frutos refrigerados. Para aparência interna, a dose de 125 Gy recebeu a maior média, diferenciando-se apenas do tratamento com 75 Gy para frutos refrigerados. Para os frutos mantidos em temperatura ambiente a maior nota foi para o tratamento com 150 Gy, havendo diferença significativa em comparação, somente com a testemunha. As maiores notas dos provadores, foram dadas aos frutos irradiados com

125 Gy e mantidos em temperatura de 10°C, mas não se diferenciaram da testemunha. A irradiação proporcionou maior firmeza dos frutos, principalmente nos refrigerados e armazenados aos 30 dias. Houve uma preferência geral dos provadores pelos frutos irradiados devido às características de maior firmeza e sabor acentuado SILVA (2004).

CONCLUSÕES

A associação da baixa temperatura com a irradiação, reduziu a perda de peso em abacates da cultivar Geadá, para todas as doses utilizadas.

A irradiação melhorou as propriedades organolépticas do abacate da cultivar Geadá, aumentando o “shelf life”, quando associada com refrigeração. O teor de sólidos solúveis aumentou com os tratamentos, denotando que a irradiação acelerou o amadurecimento dos frutos.

Houve aumento no valor da textura nos frutos irradiados, tanto à temperatura ambiente quanto sob-refrigeração. Além disso, as análises sensoriais demonstraram uma melhor aceitação dos frutos irradiados, com a maior nota para a dose de 125 Gy.

Recomenda-se a dose de 150 Gy para frutos conservados à temperatura ambiente e dose de 125 Gy, para frutos mantidos refrigerados.

REFERÊNCIAS

ARÉVALO-GALARZA, L.; SAUCEDO-VELOZ, C.; BUSTOS-RAMIREZ, E.A. “Changes in the vascular tissue of fresh Hass avocados treated with Cobalt-60”. *Radiation Physics and Chemistry*, v.6, p. 375-377 (2002).

ARÉVALO-GALARZA, L.; SAUCEDO-VELOZ, C.; BUSTOS-RAMIREZ, E.; GONZALEZ-HERNANDES, A. “Ripening of Hass avocado fruit treated with gamma rays”. *Agrociencia*, v.36, n.6, p.667-673 (2002).

BROUDRICK, H.T.; THOMAS, A.C. “Radiation preservation of subtropical fruits in South Africa”. In: *INTERNATION ATOMIC ENERGY AGENCY.:Food preservation by irradiation*. Vienna: IAEA, p.167-178 (1978).

CHITARRA, M.F.I.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.*: FAEPE, ESAL, Lavras MG, 543p. (1990).

DELLA MODESTA, R.C. *Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas: Geral*. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CTAA (1994).

DONADIO, L.C. “Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção”. 2.ed. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; EMBRAPA, SPI, 53p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX) (1995).

GERMANO, R.M.A.; ARTHUR, V.; WIENDEL, F.M. “Conservação pós-colheita de abacates *Persea americana* Mill., variedades Fortuna e Quintal, por irradiação”. *Scientia Agricola*, v.53, n.2/3, p.249-253 (1996).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*, IAL, ed., São Paulo-SP, 533p (1985).

KAHAN, R.S.; NADEL-SCHIFMAN, M.; TEMKIM-GORODEISKI, N.; EISEN-BERG, E.; ZAUBERMAN, G.; AHORONI, Y. “Effect of radiation on the ripening of bananas and avocado pears”. In: *INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: Preservation of fruits and vegetables by radiation*. Vienna: IAEA, p.3-11 (1968).

KLUGE, R.A. “Pós-colheita de hortaliças de fruto. <http://www.ciagri.usp.br/~raklug/pchort.html>. (18 out. 2003).

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; OJEDA, R.M.; BRACKMANN, A. “Inibição do amadurecimento de abacate com 1-meticiclopropeno”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 7, p. 895-90 (2002).

NEVES-FILHO, L.C. “Alguns pontos na comercialização de frutas e hortaliças”. *Revista Frutas & Legumes*, p.12-16, maio/junho (2002).

PIMENTEL, R.M.A. “Efeito da irradiação gama em mamão papaia (*Carica papaya* L.) colhido em três pontos de maturação”. Piracicaba, 72p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura-USP (2001).

SILVA, J.M.; DOMARCO, R.E. “Análise visual dos efeitos da radiação associada à atmosfera modificada no armazenamento do limão “Tahiti” - Ensaio preliminar”. *Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento*, v.4, n.3, p.1518-1523 (2002).

SILVA, L.K.F. “Uso da radiação gama do Cobalto-60, para controlar a broca-do-abacate *Stenoma catenifer* Walsingham, 1912 (Lepidoptera: Elachistidae) e seus efeitos na qualidade do fruto *Persea americana* (Miller) (Lauraceae)”. Piracicaba, 99p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura-USP (2004).

SIMÃO, S. “Manual de fruticultura”. Agronômica Ceres, São Paulo-SP, 530p (1971).

YOUNG, R.E. "Effect of ionizing radiation on respiration and ethylene reduction of avocado fruit". *Nature*, v.205, p.1113-1114 (1965).

Análise da variabilidade genética de *Enterococcus faecium* resistentes à vancomicina em um Hospital Terciário do Recife-PE

Autores:

Michelly Lopes da Silva

Bacharela em Biomedicina pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife

Igor Vasconcelos Rocha

Doutor em Biociências e Biotecnologia em Saúde, Instituto Aggeu Magalhães - Fiocruz-PE, Recife

Carlos Alberto das Neves de Andrade

Mestre em Biociências e Biotecnologia em Saúde, Instituto Aggeu Magalhães - Fiocruz-PE, Recife

DOI: 10.58203/Licuri.22187

Como citar este capítulo:

SILVA, Michelly Lopes; ROCHA, Igor Vasconcelos; ANDRADE, Carlos Alberto das Neves. Análise da variabilidade genética de *Enterococcus faecium* resistentes à vancomicina em um Hospital Terciário do Recife-PE. In: Jaily Kerller Batista (Org.).

Pesquisas e inovações em Ciências

Ambientais e Agrárias. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 76-86.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

Enterococcus faecium é uma bactéria Gram-positiva amplamente distribuída, frequentemente encontrada em infecções hospitalares. Devido à sua capacidade de adquirir e transmitir resistências através de elementos móveis, essas cepas podem se tornar multirresistentes, aumentando os riscos de complicações e mortalidade em pacientes imunocomprometidos. Este estudo teve como objetivo determinar a relação genética entre cepas de *E. faecium* resistentes à vancomicina, a partir de amostras clínicas de pacientes assistidos em hospital terciário do Recife, PE. As amostras foram coletadas por conveniência, de acordo com solicitação médica, e submetidas à identificação e testes de sensibilidade à vancomicina por microdiluição. O DNA genômico das cepas foi extraído e analisado por PCR utilizando oligonucleotídeos *vanA* e ERIC específicos, seguido de eletroforese em gel de agarose. A análise filogenética revelou a presença de nove clusters distintos, sendo o cluster A o mais prevalente (30,95%). Todas as cepas analisadas foram positivas para o gene *vanA* de resistência à vancomicina, além de apresentarem concentrações inibitórias mínimas (CIM) para vancomicina superiores a 256 µg/mL. Esses isolados foram predominantemente associados a pacientes idosos (>60 anos) (58,7%) e a sítios de colonização (90,7%). A diversidade genética encontrada sugere múltiplas origens de transmissão. A predominância em pacientes idosos e em sítios de colonização destaca a importância das ferramentas moleculares na epidemiologia, prevenção e rastreamento de surtos hospitalares.

Palavras-chave: Resistência antimicrobiana. Antibioticoterapia. Epidemiologia. Vigilância em Saúde.

INTRODUÇÃO

A disseminação clonal de isolados clínicos multirresistentes a antimicrobianos é associada a altas incidências de infecções pela mesma linhagem bacteriana, podendo resultar em surtos e epidemias, especialmente em ambientes hospitalares, onde estão frequentemente ligados a elevadas taxas de morbidade e mortalidade causadas pelas Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) (CATTOIR, 2022). As IRAS, definidas como infecções relacionadas ao cuidado do paciente, substituíram o conceito anterior de infecção hospitalar e são influenciadas por vários fatores, como idade, desnutrição, diabetes, tabagismo, tempo de internação, necessidade de procedimentos invasivos e uso excessivo de antibióticos, frequentemente resultando em infecções relevantes em diversos sítios clínicos, incluindo aqueles causados por isolados Gram-positivos multirresistentes aos antimicrobianos comuns (FIGUEIRA et al., 2022).

No Estado de Pernambuco, espécies como *Staphylococcus coagulase negativa* (CoNS), *Staphylococcus aureus*, *E. faecium* e *E. faecalis* são comumente associadas às IRAS, com as duas últimas sendo as principais responsáveis pelo desenvolvimento e propagação da resistência à vancomicina, um antimicrobiano frequentemente usado no tratamento de infecções invasivas (ANVISA, 2021; WILLEMS et al., 2011). A resistência à vancomicina é uma das maiores ameaças à saúde pública atualmente, aumentando o tempo de internação, os custos hospitalares e a mortalidade, e tem sido identificada em isolados de *Enterococcus* spp. desde 1988, sendo os principais mecanismos moleculares associados à sua resistência a disseminação dos genes *vanA* e *vanB* por meio de plasmídeos e *transposons* (LECLERCQ et al., 1988).

Após o primeiro caso identificado de *Enterococcus* spp. resistente à vancomicina (VRE) em 1986 na Europa, houve uma rápida disseminação do gênero nas Américas, especialmente envolvendo as espécies *E. faecalis* e *E. faecium*. Estima-se que 70% dos isolados de *E. faecium* atualmente sejam resistentes à vancomicina, o que está associado a uma alta taxa de mortalidade em pacientes com bacteremia provocada por VRE (ALMUZARA, 2013; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 2015).

A utilização crescente de métodos moleculares tem permitido o monitoramento da disseminação clonal de isolados clínicos multirresistentes, possibilitando a análise precoce de novos mecanismos de resistência antimicrobiana e o desenvolvimento de estratégias de contenção para prevenir surtos em larga escala (WILLEMS et al., 2005). Técnicas como o ERIC-PCR têm se destacado nesse contexto por sua capacidade de caracterizar a relação

genética entre espécies e cepas em poucas horas, oferecendo uma abordagem simples, resolutiva e econômica para discriminar diferentes tipos de cepas (BLANCO et al., 2018).

Essas técnicas moleculares têm um grande impacto clínico e epidemiológico, superando as limitações das técnicas tradicionais baseadas em características bioquímicas e sorológicas para a identificação de *Enterococcus* e outros microrganismos. Elas fornecem uma visão mais precisa e abrangente da resistência antimicrobiana, contribuindo para uma vigilância mais eficaz e intervenções preventivas mais direcionadas (AHAMDI; SIASI TORBATI; AMINI, 2023). Diante da crescente necessidade de estudos epidemiológicos para avaliar pacientes colonizados e surtos hospitalares, especialmente em hospitais de cuidados especializados, este estudo objetivou determinar a relação genética entre cepas de *E. faecium* resistentes à vancomicina, a partir de amostras clínicas de pacientes assistidos em hospital terciário do Recife.

METODOLOGIA

Isolados clínicos

Para a obtenção dos isolados bacterianos, um total de 46 cepas de *E. faecium* resistentes à vancomicina foi selecionado a partir de um banco de microrganismos armazenados por amostragem de conveniência no hospital de estudo, caracterizados entre setembro de 2021 e janeiro de 2023. A escolha dessas cepas foi realizada de forma criteriosa, considerando características como o fenótipo de resistência à vancomicina e a representatividade temporal e clínica dos casos.

A identificação das cepas bacterianas e a avaliação do perfil de susceptibilidade antimicrobiana foram inicialmente conduzidas no laboratório de Microbiologia Clínica do próprio local de estudo, sendo realizadas por meio de testes bioquímicos fenotípicos de rotina e utilizando a metodologia automatizada Vitek® 2 (bioMérieux). Os isolados foram então armazenados em meio LB (Luria-Bertani) suplementado com 15% de glicerol a uma temperatura de -20 °C. Os subcultivos seguintes foram realizados em meio de cultura *Brain Heart Infusion* (BHI) e incubados a 35 ± 2 °C por 24 horas para os procedimentos subsequentes deste estudo.

Perfil de resistência à vancomicina

O perfil de susceptibilidade à vancomicina foi avaliado utilizando a técnica de microdiluição em caldo, considerada padrão-ouro para esse tipo de análise, realizada de acordo com as recomendações do BrCAST (*Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*). Para preparar o inóculo bacteriano, as colônias previamente cultivadas em placas de ágar Müeller-Hinton (Himedia) foram suspensas em 1 mL de Caldo Müeller-Hinton Cátion-ajustado (CA-MHB) estéril por meio da técnica de suspensão direta. A densidade óptica (OD) desta suspensão foi medida a 625nm utilizando espectrofotômetro, atingindo uma faixa de 0,08 a 0,13 UA (0,5 na escala de McFarland; concentração de $1-5 \times 10^8$ UFC/mL). Posteriormente, essa suspensão foi diluída em CA-MHB na proporção de 1:1000, em um volume suficiente para a inoculação dos poços da placa de microdiluição. Cada poço da placa foi então inoculado com 50 µL desta diluição final utilizando um pipetador automático multicanal, resultando em um volume final de 100 µL em cada poço, contendo a concentração desejada de cada antimicrobiano e uma densidade celular bacteriana aproximada de $1-5 \times 10^5$ UFC/mL.

Como controle positivo de crescimento bacteriano, poços contendo CA-MHB livre de antimicrobiano foram inoculados com a cepa *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, enquanto como controle negativo de crescimento foram reservados poços contendo apenas CA-MHB, sem inoculação bacteriana. As placas de microdiluição foram incubadas a 35 ± 2 °C por 18 horas, e após esse período, foram visualmente inspecionadas após a adição de resazurina para determinar a concentração inibitória mínima.

Extração de DNA genômico de *E. faecium*

Durante a etapa prévia ao experimento, foram inoculados 5 mL de meio de cultura contendo cada isolado a ser avaliado, sendo incubados a 37°C durante a noite. O processo de extração de DNA iniciou-se com a centrifugação do tubo Falcon a 3000 rpm por 10 minutos, seguida pelo descarte do sobrenadante. As células foram lavadas com 500 µL de tampão Tris-EDTA (10 mM Tris pH 8.0, 1 mM EDTA), transferindo o sedimento para um microtubo esterilizado. Após nova centrifugação a 6000 rpm/5 minutos e descarte do sobrenadante, o sedimento foi ressuspenso em 200 µL de tampão Tris-EDTA contendo 1% de Triton X-100, com a tampa dos tubos selada com Parafilm®. A lise celular foi realizada aquecendo os tubos em banho-maria a 100°C por 10 minutos. Após esfriar à temperatura ambiente, a centrifugação a 13.000 rpm/3 minutos permitiu a coleta do sobrenadante,

transferido para outro microtubo esterilizado. Adicionalmente, 45 µL de NaCl 5M e 850 µL de álcool etílico absoluto foram adicionados (para obter álcool etílico 70%, foram utilizados 3 mL de água deionizada estéril e 7 mL de etanol absoluto), seguido por lenta inversão para homogeneização. Após centrifugação a 13.000 rpm por 10 minutos e descarte do sobrenadante, foi adicionado 1 mL de álcool etílico 70% e centrifugado a 10.000 rpm por 10 minutos, com posterior descarte do sobrenadante. O frasco foi invertido e deixado aberto à temperatura ambiente para evaporação natural do álcool. A suspensão do DNA foi realizada pela adição de 50 µL de tampão Tris-EDTA, evitando agitação brusca. O DNA foi quantificado através do equipamento *NanoDrop 2000C* e estocado a -20 °C, sendo posteriormente diluído para concentração de uso nas seguintes etapas.

Detecção de determinantes genéticos de resistência à vancomicina

A pesquisa dos principais determinantes genéticos de resistência foi conduzida através de reações de PCR individuais, cada uma com um volume final de 25 µL. Estas reações foram conduzidas utilizando as sequências iniciadoras dos genes *vanA-F* (5'-ATGAATAGAATAAAAAGTTGC-3') e *vanA-R* (5'-TCACCCCTTTAACGCTAATA-3'), a uma concentração de 10 mM cada, e *GoTaq® Green Master Mix* (Promega), seguindo recomendações do fabricante. Os procedimentos foram realizados em um termociclador *GeneAmp 9700* (Applied Biosystems), começando com uma etapa de desnaturação inicial a 94°C por 3 minutos, seguida por 35 ciclos de amplificação, compostos por 30 segundos a 94°C, 30 segundos a 55°C e 60 segundos a 72°C. A extensão final ocorreu a 72°C por 5 minutos. Os produtos da PCR foram então submetidos à eletroforese em gel de agarose a 1%, a 120V por 45 minutos, e posteriormente foram visualizados sob luz UV em transiluminador.

ERIC-PCR e análise filogenética

A técnica de ERIC-PCR e análise filogenética foram utilizadas com o intuito de investigar a diversidade genética entre os isolados de *Enterococcus faecium* resistentes à vancomicina. As amplificações do ERIC-PCR foram conduzidas utilizando as sequências iniciadoras de tipagem ERIC-F (5'-ATGAATAGAATAAAAAGTTGC-3') e *vanA-R* (5'-TCACCCCTTTAACGCTAATA-3'), a uma concentração de 10 mM cada, e *GoTaq® Green Master Mix* (Promega), seguindo recomendações do fabricante.

O programa de ciclagem incluiu uma etapa inicial de desnaturação a 94 °C por 5 minutos, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94 °C por 1 minuto, anelamento a 48 °C por 1 minuto e extensão a 72 °C por 2 minutos, com uma extensão final de 72 °C por 7 minutos. Os produtos de PCR foram analisados por eletroforese em géis de agarose 1,5% a 70V por 70 minutos em tampão TAE 1x.

A análise filogenética foi realizada com base no padrão de bandamento obtido, utilizando o software *Phylogenetic Inference Package*, PHYLIP-3.68. Um dendrograma foi gerado pelo método UPGMA (Método de Grupo de Pares Não Ponderados com Média Aritmética), considerando uma tolerância de 1% entre as distâncias detectadas. Os grupos geneticamente relacionados foram definidos por médias de dissimilaridade, seguindo o método interpretativo de Tenover (1995), no qual isolados com similaridade $\geq 80\%$ (dissimilaridade $\leq 20\%$) foram considerados geneticamente relacionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características epidemiológicas da população estudada

A amostragem incluiu exames realizados ao longo de um período de dois anos, abrangendo amostras desde setembro de 2021 até janeiro de 2023. A confirmação das espécies de *E. faecium* foi realizada pelo serviço de origem das amostras, utilizando rotina clínica de automação Vitek®2 (bioMérieux), análises bioquímicas e antibiograma.

Dos 46 isolados analisados, 58,7% foram obtidos de pacientes idosos com mais de 60 anos e 27,9% das amostras foram provenientes de pacientes com idades entre 30 e 60 anos, enquanto 15,2% foram isoladas de pacientes com menos de 30 anos.

Dos isolados analisados, a maioria, totalizando 56,5%, foi proveniente da clínica médica, enquanto apenas 6,5% foram identificados em pacientes da UTI. Os 37% restantes estavam distribuídos em várias enfermarias do hospital, incluindo as unidades de Doenças Infecto-Parasitárias (DIP), Ortopedia, Vascular e Urologia, com distribuição de 4,3%, 6,5%, 21,7% e 4,3%, respectivamente.

A relação entre idade e infecção por VRE pode ser influenciada por diversos fatores, pacientes já debilitados por outras enfermidades, expostos a longos períodos de internação e a tratamentos prévios debilitantes, desta maneira a infecção hospitalar por VRE ocorre de maneira oportunista em pacientes idosos, que podem frequentemente estar

associados a outras infecções por bactérias multirresistentes (HEMAPANPAIROA, 2021; MAGIORAKOS, 2012).

Determinação do perfil de susceptibilidade à vancomicina

Todas as 46 amostras analisadas (representando 100% do conjunto) exibiram um perfil idêntico de resistência à vancomicina, caracterizado por concentrações inibitórias mínimas (CIMs) superiores a 256 µg/mL. Além disso, todas as amostras apresentaram genótipos positivos para o gene de resistência *vanA*.

Resultado semelhante ao encontrado na literatura, considerando que este gene é o principal mecanismo associado ao fenótipo de resistência à vancomicina no ambiente hospitalar (KANG et al., 2014). Nos isolados investigados, esse fenótipo demonstrou altos níveis de resistência à vancomicina, com concentrações inibitórias mínimas acima de 256 µg/mL, associado também a altos níveis de resistência à teicoplanina. Este cenário contribui cada vez mais para a utilização dos chamados antimicrobianos de reserva, antibióticos considerados como a última linha para o tratamento de infecções multirresistentes.

Análise filogenética entre os isolados de *E. faecium*

O resultado da análise por ERIC-PCR das 46 amostras está representado de forma gráfica na Figura 1. O dendrograma, construído pelo método UPGMA, agrupou os isolados com base na distância média entre os pares, variando de 0 (indicando células idênticas) a 40. O critério de interpretação de Tenover (1995) foi aplicado, considerando geneticamente relacionados àqueles isolados com um índice de dissimilaridade de até 20%. A tolerância utilizada na construção do dendrograma foi de 1%.

A análise da diversidade genética revelou padrões de bandejamento variando entre 100 pares de base (pb) e 2 quilobases (kb). Foram identificados oito clusters distintos, com o grupo A sendo o mais predominante, englobando 13 amostras (28,3%). Dentro deste grupo, observou-se a presença de seis clones com uma similaridade genética de 100% entre si, incluindo os isolados dos pacientes P38, P40, P42, P43, P36 e P37. O cluster F foi o segundo maior grupo identificado, contendo 10 clones (21,7%), sendo que os pacientes P17, P18 e P20 apresentaram uma similaridade genética de 100% entre si. Juntos, os clusters A e F agruparam metade dos isolados analisados. Os 23 isolados restantes foram

distribuídos entre os clusters menores: D (10,9%, n=05), G (8,7%, n=04), H e C, ambos com 6,5% dos isolados (n=03), e E e B, com 4,3% das amostras tipadas (n=02) cada. Quatro isolados (8,7%) não apresentaram qualidade de DNA suficiente para tipagem e foram classificados como não tipáveis (NT) (Figura 1).

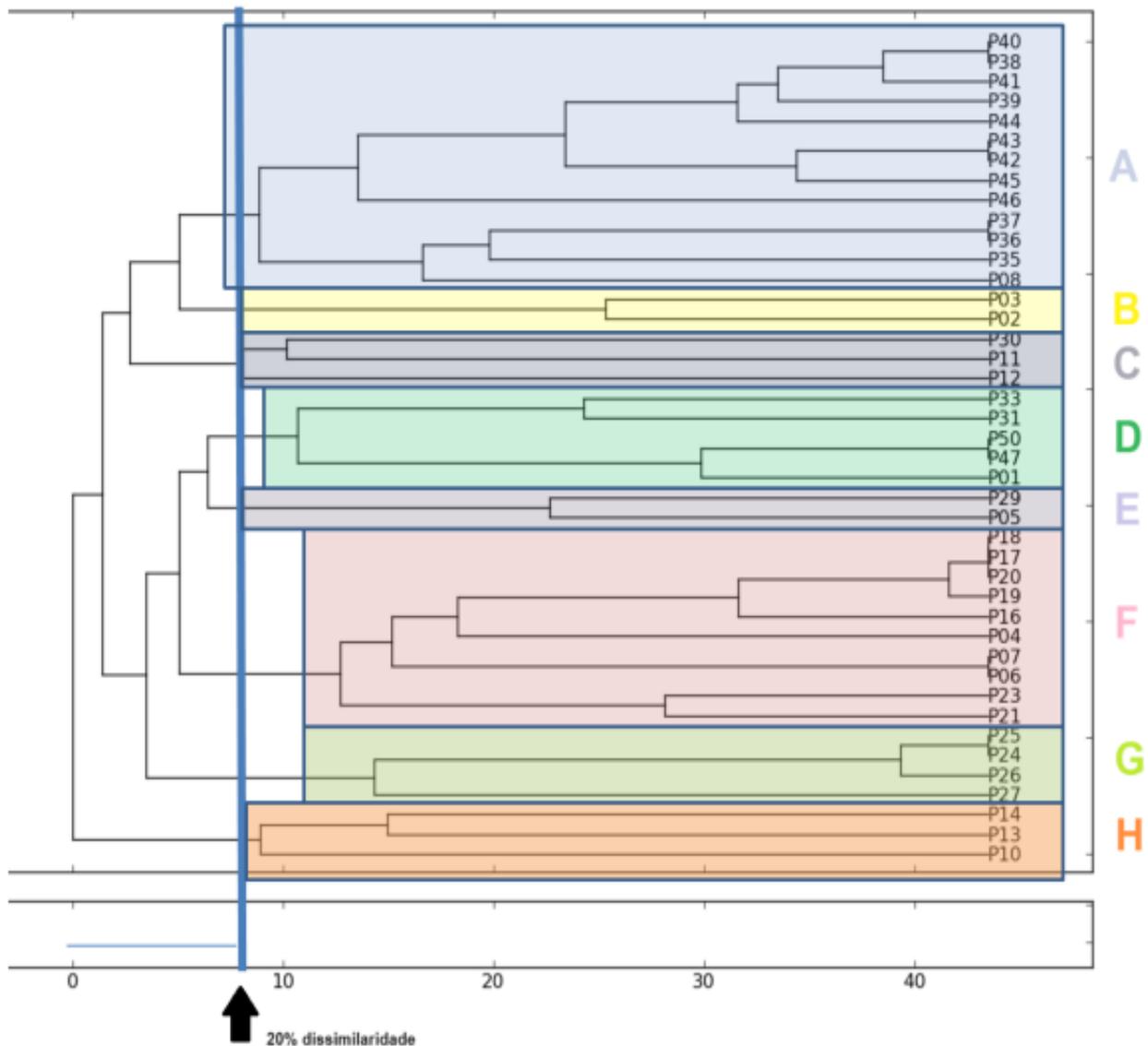


Figura 1: Dendrograma dos padrões de ERIC-PCR dos 46 isolados de *E. faecium*. Análise filogenética baseada em perfil gerado por ERIC-PCR em um padrão UPGMA, distinguidos por sua dissimilaridade. O eixo horizontal indica o percentual de dissimilaridade e o eixo vertical a similaridade genética entre os isolados avaliados. Cada uma das cores indica um grupo clonal (*cluster*).

A dispersão dos grupos clonais corrobora pesquisas que indicam que os surtos de *E. faecium* resistente à vancomicina (VREf) no Brasil são causados por cepas sem uma história

evolutiva comum. Isso contrasta com a predominância do complexo clonal CC17, observada na Europa e nos Estados Unidos, onde a maioria dos isolados em surtos hospitalares pertence a esse complexo (PALAZZO et al., 2011). A detecção precoce de pacientes colonizados ou infectados com VRE é crucial para prevenir a transmissão nosocomial dessas cepas, uma vez que a colonização por esses isolados precede o desenvolvimento de infecções (PALAZZO et al., 2011).

Em relação ao sítio de isolamento, todos os 13 isolados do cluster A foram provenientes de culturas de vigilância (sítio de colonização). Já no grupo F, dos 10 isolados agrupados, um foi identificado em uma urocultura enquanto os outros nove foram obtidos de culturas de vigilância. As demais amostras clínicas foram agrupadas em clusters distintos: uma urocultura (clusters B, C e H, cada um com um isolado), secreções (um isolado relacionado ao cluster D) e hemocultura (um isolado relacionado ao cluster H). Portanto, não houve predominância clonal em relação às amostras isoladas de sítios infecciosos.

Neste contexto, pacientes transferidos de outras unidades hospitalares, que frequentemente não dispõem de programas de monitoramento microbiológico adequados, enfrentam desafios significativos. Ao serem encaminhados para atendimento em hospitais terciários, esses pacientes podem potencialmente atuar como vetores de transmissão de clones bacterianos, aumentando o risco de exposição para outros indivíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo enfatizou a necessidade contínua de vigilância e controle de infecções em ambientes de cuidados de saúde, destacando a importância de medidas para limitar a disseminação intra-hospitalar de VRE. Além disso, a diversidade clonal observada sugere a possibilidade de transmissão intra-hospitalar dessas cepas.

Esses achados reforçam a importância da implementação de ferramentas moleculares no ambiente clínico, especialmente em hospitais que tratam pacientes de alta complexidade, como oncológicos e transplantados, para prevenir surtos hospitalares, controlar a colonização por bactérias multirresistentes e reduzir o surgimento de novos perfis de resistência antimicrobiana.

REFERÊNCIAS

AHAMDI, F.; SIASI TORBATI, E.; AMINI, K. A Comparative Study of ERIC-PCR and BOX-PCR Methods for Evaluation of Genomic Polymorphism among Multidrug-Resistant *Enterococcus faecium* Clinical Isolates. *mljgoums*, v. 17, n. 1, p. 13-19, 1 jan. 2023.

ALMUZARA, M. *Enterococcus* spp.: Resistencia antimicrobiana en infecciones intrahospitalarias. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 1 jan. 2013.

ANVISA, A. N. D. V. S. Relatório: Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) e resistência microbiana (RM) em serviços de saúde. Pernambuco, Brasil: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-deinfeccao-e-resistencia-microbiana/copy_of_infeccao-relacionada-a-assistencia-a-saude. Acesso em: 08 fev. 2024.

BLANCO, A. E. et al. Characterization of *Enterococcus faecalis* isolates by chicken embryo lethality assay and ERIC-PCR. *Avian Pathology*, v. 47, n. 1, p. 23-32, 2 jan. 2018.

CATTOIR, V. The multifaceted lifestyle of enterococci: genetic diversity, ecology and risks for public health. *Current Opinion in Microbiology*, v. 65, p. 73-80, 1 fev. 2022.

FIGUEIRA, L. R. T. et al. Fatores que corroboram para a aquisição de infecção hospitalar: uma revisão de literatura. *Anais do II Congresso Nacional Multidisciplinar em Enfermagem On-line. Revista Multidisciplinar em Saúde*, 29 nov. 2021. Disponível em: <<https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rem/article/view/2480>>. Acesso em: 7 fev. 2024.

HEMAPANPAIROA, J., et al. Does vancomycin resistance increase mortality? Clinical outcomes and predictive factors for mortality in patients with *Enterococcus faecium* infections. *Antibiotics*, v. 10, n. 2, 2021.

KANG, M. et al. Molecular characteristics of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* from a tertiary care hospital in Chengdu, China molecular characteristics of VRE in China. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, v. 33, n. 6, 2014.

LECLERCQ, R. et al. Plasmid-Mediated Resistance to Vancomycin and Teicoplanin in *Enterococcus Faecium*. *New England Journal of Medicine*, v. 319, n. 3, 1988.

MAGIORAKOS, A.-P. et al. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical microbiology and infection*, v. 18, n. 3, p. 268-281, 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Worldwide country situation analysis: response to antimicrobial resistance Summary. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2015.

Disponível em: <<https://www.paho.org/en/file/54913/download?token=sBDXkDUk>>. Acesso em: 3 set. 2023.

PALAZZO, I. C. V. et al. Changes in vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* causing outbreaks in Brazil. *Journal of Hospital Infection*, v. 79, n. 1, 2011.

TENOVER, F. C., et al. Interpreting chromosomal DNA restriction patterns produced by pulsed-field gel electrophoresis: Criteria for bacterial strain typing. *Journal of Clinical Microbiology*, v. 33, n. 9, 1995.

Morfometria de sementes de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *leiostachya* (L.) Wild., coletadas em diferentes anos

Autores:

Liliane Maria da Silva

Graduanda em Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Monalisa Alves Diniz da Silva

Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco

Graciane Xavier Leal Ferraz

Graduanda em Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Leonardo Raimundo da Silva

Graduando em Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Enzo Viana Batista

Graduando em Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada

DOI: 10.58203/Licuri.22188

Como citar este capítulo:

SILVA, Liliane Maria *et al.* Morfometria de sementes de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *leiostachya* (L.) Wild., coletadas em diferentes anos. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 87-95.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

A espécie *Libidibia ferrea* Mart. ex Tul., comumente conhecida no Brasil como pau-ferro ou jucá, pertencente à família Caesalpiniaceae, é uma espécie típica da Caatinga. Suas sementes são utilizadas para propagação da espécie, embora tenha sido relatado que a dormência está relacionada à estrutura das sementes, pois as mesmas são rígidas e muitas vezes requerem tratamento com ácido ou água quente para promover a germinação. Suas sementes conferem à planta características de leguminosa, possuindo entre seus componentes lignina, um carboidrato complexo, e ácido graxo; destaca-se que quanto maior o teor de lignina, maior é a impermeabilidade do tegumento. Estudos relacionados à biometria das sementes se tornam importantes, análises biométricas são parâmetros importantes para determinação da variabilidade intrínseca e extrínseca entre populações e se constituem uma ferramenta para definição da relação entre os fatores ligados às questões ambientais e a variabilidade genética.

Palavras-chave: Biometria. Espécie florestal. Caatinga.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande diversidade de espécies florestais nativas com potencial para inúmeras finalidades, como produtos florestais madeireiros e não madeireiros, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Devido a isso, existe grande demanda para formação de mudas no país, que influencia diretamente a procura por sementes de alta qualidade (PARISI et al., 2019).

Neste contexto, a espécie *Libidibia ferrea* Mart. ex Tul., comumente conhecida no Brasil como pau-ferro ou jucá, pertencente à família Caesalpiniaceae, é uma espécie típica da Caatinga. Esta árvore possui alto potencial ornamental e medicinal (SILVA et al. 2015), e sua madeira densa é utilizada na indústria de beneficiamento de madeira. *L. ferrea* pode ser encontrada desde o Piauí até o Rio de Janeiro, devido à elevada dispersão de sementes.

As árvores desta espécie podem atingir 30 metros de altura, sendo que a planta pode ser diferenciada com base em suas características morfológicas e anatômicas (SILVA et al., 2017), incluindo análise de flores, frutos, composição fitoquímica, etc. Seu tronco possui casca lisa e quebrada nas cores branca, cinza, marrom claro e verde, conferindo-lhe aspecto de “pele de leopardo”. Suas flores são amarelas e contêm tricomas semelhantes a papilas nas pétalas, que lembram tentáculos em sua superfície; seus frutos são marrom-escuros (GAGNON et al., 2013). Praticamente todas as partes desta espécie vegetal podem ser aproveitadas, sendo que seus troncos podem ser utilizados para reflorestamento, controle de erosão e sedimentação de margens de rios, decoração de ambientes, construção civil e carpintaria (SILVA et al., 2017).

Suas sementes são utilizadas para propagação da espécie, embora tenha sido relatado que a dormência está relacionada à estrutura das sementes, pois as mesmas são rígidas e muitas vezes requerem tratamento com ácido ou água quente para promover a germinação (CÂMARA et al., 2008). Suas sementes conferem à planta características de leguminosa, possuindo entre seus componentes lignina, um carboidrato complexo, e ácido graxo (SALIBA et al., 2001; COELHO et al., 2013); destaca-se que quanto maior o teor de lignina, maior é a impermeabilidade do tegumento (MARCOS FILHO, 2015).

Estudos relacionados à biometria das sementes se tornam importantes, de acordo com Pontes et al. (2018), análises biométricas são parâmetros importantes para determinação da variabilidade intrínseca e extrínseca entre populações e se constituem

uma ferramenta para definição da relação entre os fatores ligados às questões ambientais e a variabilidade genética. O tamanho das sementes é uma característica básica importante para o entendimento sobre a sobrevivência, dispersão e estabelecimento das plântulas de uma espécie vegetal (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Ainda, pode-se de maneira indireta avaliar a qualidade fisiológica das sementes por meio do peso de mil sementes, observando-se que após atingir o ponto de maturidade fisiológica dá-se início os eventos deteriorativos, sendo assim, aquelas sementes que estão armazenadas por mais tempo tendem a possuir menor peso (SILVA et al., 2019), refletindo em menor potencial fisiológico.

Segundo Costa Júnior et al. (2021), para que o processo de beneficiamento das sementes ocorra com menores perdas durante as etapas de limpeza e classificação das sementes para futura comercialização, é necessário o conhecimento prévio das características biométricas das mesmas, visando uma eficiente operacionalização; além da possibilidade da construção de equipamentos novos ou adaptação de máquinas já existentes que possam auxiliar na secagem e armazenamento das sementes.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos anos de coleta sobre as características físicas das sementes de *Libidibia ferrea*.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Biotecnologia, na Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE - Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST/PE. As sementes de *Libidibia ferrea* foram doadas do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) - UNIVASF/Petrolina-PE. No caso as sementes foram provenientes do Programa de Resgate de Germoplasma do Projeto de Integração do São Francisco - PISF. Segundo o NEMA após o beneficiamento das sementes, os lotes são distribuídos em sacos plásticos transparentes, devidamente identificados, e posteriormente armazenados em câmara fria regulada à 5-10°C e 24-30% de umidade relativa do ar..

As sementes de *L. ferrea* foram coletadas no município de Sertânia - PE, em 10 de outubro de 2018 (latitude -8,242484554; longitude -37,18726745; altitude de 598 m); oito de julho de 2019 (latitude -8,225224799; longitude -37,17719999; altitude de 557 m) e 20 de agosto de 2020 (latitude -8,115368552; longitude -37,23711604; altitude de 580 m). As avaliações biométricas ocorreram no ano de 2021, por meio de uma análise descritiva, obtendo-se os valores mínimos, máximos, média amostral, mediana, variância, desvio

padrão e coeficiente de variação, quanto às dimensões de comprimento, largura e espessura, as quais foram expressas em mm (paquímetro digital), empregando-se 100 sementes por ano de coleta. Ainda, procedeu-se com o peso de mil sementes, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizou-se uma balança de precisão, com duas casas decimais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 verifica-se que os valores de coeficiente de variação (CV%) provenientes das sementes de *L. ferrea* coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, foram respectivamente de 14,48; 16,38 e 16,98 para o comprimento; 13,18; 10,79 e 14,04% para a largura; 11,98; 9,87 e 9,29% para a espessura e 43,74; 52,15 e 9,40% para o peso. Valores de coeficiente de variação quando inferiores a 10% são considerados baixos, os compreendidos entre 10 e 20% são tidos como intermediários; já os coeficientes de variação de 20 a 30%, são considerados altos, tidos com menor precisão experimental (PIMENTEL GOMES, 2000).

Tabela 1. Biometria de sementes de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *leiostachya* (L.) Wild. Coletadas, entre 2018 e 2020, no município de Sertânia/PE, em diferentes anos. Serra Talhada/PE, 2022.

| Ano | | \bar{x} | Máx | Mín | Median | Var | DesvP | CV% |
|------|---|-----------|-------|-------|--------|------|-------|-------|
| 2018 | C | 9,11 | 10,90 | 7,50 | 9,10 | 0,40 | 0,63 | 14,48 |
| | L | 7,01 | 9,10 | 5,80 | 7,00 | 0,28 | 0,53 | 13,18 |
| | E | 4,45 | 5,50 | 3,30 | 4,50 | 0,14 | 0,37 | 11,98 |
| | P | 20,12 | 20,56 | 19,50 | 20,21 | 0,21 | 0,46 | 43,74 |
| 2019 | C | 10,09 | 11,60 | 8,00 | 10,15 | 0,38 | 0,62 | 16,38 |
| | L | 7,02 | 8,20 | 2,00 | 7,10 | 0,42 | 0,65 | 10,79 |
| | E | 3,79 | 4,50 | 2,50 | 3,90 | 0,15 | 0,38 | 9,87 |
| | P | 20,07 | 20,55 | 19,70 | 20,02 | 0,15 | 0,38 | 52,15 |
| 2020 | C | 11,09 | 12,90 | 9,50 | 11,05 | 0,43 | 0,65 | 16,98 |
| | L | 7,34 | 8,40 | 6,20 | 7,30 | 0,27 | 0,52 | 14,04 |
| | E | 3,98 | 5,10 | 3,10 | 4,00 | 0,18 | 0,43 | 9,29 |
| | P | 19,98 | 21,76 | 17,23 | 20,46 | 4,51 | 2,12 | 9,40 |

Legenda: C - Comprimento (mm); L - Largura (mm); E - Espessura (mm); Max - Valor Máximo (mm); Min - Valor Mínimo (mm); \bar{x} - Valor Médio (mm); Median - Mediana (mm); Var - Variância (mm); DesvP - Desvio Padrão (mm); CV - Coeficiente de Variação (mm) e P - Peso (g).

Quando comparados os três anos de coleta para verificar as variáveis que apresentaram maior divergência, constatou-se que para os anos de 2018 e 2019, o comprimento resultou em maior diferença (1,98 mm), em comparação à 2020 (1,00 mm). Também o peso médio das sementes colhidas em 2018 e 2019 (0,95 mm) foi superior em relação as sementes coletadas em 2020. Provavelmente essas diferenças presentes na mesma espécie podem ser decorrentes dos fatores climáticos, considerando que a coleta das sementes foi realizada em anos, meses e localidades geográficas diferentes no mesmo município. Procedeu-se com a colheita das sementes em 10 de outubro de 2018 e oito de julho de 2019, períodos com registro de precipitação (Figura 1); por sua vez a colheita em 20 de agosto de 2020, ocorreu em um período seco.

Quanto à largura, a média indicou uma homogeneidade de 7,01, 7,02 e 7,34 mm, enquanto para a mediana os valores foram de 7,0, 7,10 e 7,30 mm para as sementes coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, respectivamente. Silva et al. (2013) ao avaliarem a biometria de frutos e sementes de *Melanoxylon brauna* Schott, verificaram acentuadas diferenças entre as sementes em relação a largura.

No que se refere a espessura das sementes, as mesmas apresentaram média de 4,45 mm; valores de máximo e de mínimo de 5,50 e 3,30 mm, e mediana de 4,5 mm para as coletadas no ano de 2018. Para as coletadas no ano de 2019, as mesmas apresentaram média de 3,79 mm; valor máximo de 4,50 mm; valor mínimo de 2,50 mm e mediana de 3,90 mm. Enquanto as coletadas em 2020, os valores de média, máximo, mínimo e mediana, foram de 3,98; 5,10; 3,10 e 4,00 mm, respectivamente. Lucena et al. (2017) verificaram em sementes coletadas de diferentes matrizes de *Ziziphus joazeiro* Marth, variações biométricas de 5,94 a 7,28 mm de diâmetro. Pinto et al. (2020) em estudos biométricos com as sementes da espécie *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, concluíram que há variabilidade nas dimensões das mesmas, verificando-se uma variação de 1,10 a 2,97 mm em espessura.

O peso médio de 100 sementes de *L. ferrea* foi de 20,12 g para as que foram coletadas em 2018, com valor máximo de 20,56 g e mínimo de 19,50 g; já para as coletadas em 2019 o peso médio foi 20,07 g, tendo como valor máximo 20,55 g e valor mínimo de 19,70 g. Enquanto para as coletadas em 2020, verificou-se peso médio de 19,98 g, com valores máximo e mínimo de 21,76 e 17,23 g, respectivamente. De acordo com Menezes et al. (2018), o tamanho e o peso das sementes podem ser um indicativo da qualidade fisiológica, podendo apresentar em um mesmo lote sementes mais leves, com desempenho

reduzido em comparação as mais pesadas. Quando se estuda a morfologia de fruto, semente e plântula, gera-se informações para identificar a espécie e subsídios para os estudos de seu uso em restauração de áreas degradadas (Carvalho et al., 2022).

A Figura 1, apresenta o gráfico da precipitação mensal ocorrida no município de Sertânia - PE nos anos de 2018, 2019 e 2020.

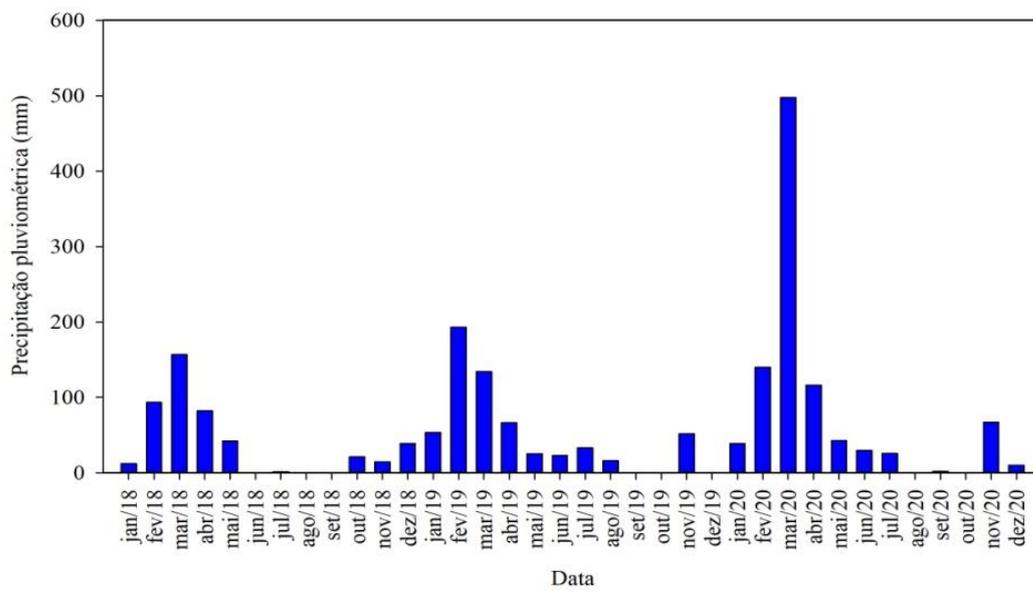


Figura 1. Precipitação pluviométrica do município de Sertânia-PE dos anos de 2018, 2019 e 2020.

As fases fenológicas de *L. ferrea*, são alteradas conforme conforme as condições climáticas, sendo a floração influenciada diretamente pelo período em que ocorre maiores níveis de precipitação (AMORIM et al, 2009; LANCHER, 2006). Pode-se observar que o ano de 2020 foi o que registrou os maiores índices de precipitação (Figura 1), sendo que as sementes coletadas, de um modo geral, apresentaram os maiores valores em relação à sua biometria (Tabela 1). A colheita das sementes ocorreu no dia 20 de agosto, o qual foi um mês com ausência de chuvas (Figura 1), condição esta que favorece a colheita de sementes de melhor qualidade, pois reduz a incidência de microrganismos e ataque de insetos praga em virtude da redução do teor de água das sementes. Por sua vez, o ano de 2018, foi o de menores valores de precipitação (Figura 1), observando-se os menores valores biométricos (Tabela 1).

Sendo assim, pode-se inferir que os períodos de floração e frutificação que mais favoreceram as características biométricas das sementes de *L. ferrea*, ocorreram no ano

de 2020, onde houve coincidência dos referidos períodos com os meses mais chuvosos do ano. As espécies perenifólias, como *L. ferrea*, comumente iniciam o período de floração na época seca, isso é devido às adaptações morfo-anatômicas e fisiológicas que favorecem o desenvolvimento das sementes (SOUZA et al., 2015; SILVA et al., 2018).

CONCLUSÕES

As características biométricas de largura, espessura e comprimento das sementes de *L. ferrea*, foram superiores, de um modo geral, para as que foram formadas nos meses de maior precipitação, os quais ocorreram no ano de 2020; onde os períodos de florescimento e frutificação coincidiram com os períodos mais chuvosos. Portanto é possível fazer um paralelo entre as condições climáticas e o desenvolvimento das sementes.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore*, v.33, n.3, p.491-499, 2009.
- CÂMARA, F. A. A., TORRES, S. B., GUIMARÃES, I. P., OLIVEIRA, M. K. T., & OLIVEIRA, F. A. Biometria de frutos e sementes e superação de dormência de jucá *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul (LEGUMINOSAE-CAESALPINOIDEAE). *Revista Caatinga*, v.21, n.4, p. 172-178, 2008.
- CARVALHO, M. S.; FREITAS, A. G. J.; PINHEIRO, D. T.; DIAS, D. C. F. S. Morfologia de frutos e sementes e germinação de *Quesnelia quesneliana* (Brongniart) LB SMITH. *Revista Caatinga*, v. 35, p. 26-32, 2022.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- COELHO, M. F. B., CAVALCANTE NETO, M. H., BARBOSA, M. K. R., OLIVEIRA, M. C., & LIMA, A. K. B. L. Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ec Tul. var. *ferrea* de duas populações. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. v. 8, n. 4, p. 179-182. 2013.
- COSTA JÚNIOR, J. R. DA; OLIVEIRA, D. E. C. DE; CARVALHO, J. M. G., BUENO, S. G. S., FERREIRA, V. B., & ALVES, E. M. Forma e tamanho de sementes de duas variedades de abóboras durante a secagem. *Nativa*, v. 9, n.1, p. 01-08, 2021
- FRANCISCO, P. R. M., LEITE, C. M. A., SANTOS, N. C., BARROS, S. L., & GOMES, J. P. (2020). Determinação das propriedades físicas de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) com

diferentes teores de água. In Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia (v.2): Editora Portal Tecnológico: Campina Grande - PB.

GAGNON, E., LEWIS, G. P., SOTUYO, J. S., HUGHES, C. E., & BRUNEAU, A. A molecular phylogeny of *Caesalpinia* sensu lato: increased sampling reveals new insights and more general than expected. *South African Journal Botany*, v. 89, p. 111-127, 2013.

LARCHER, W. *Ecologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2006. 531 p

LUCENA, E. O.; LÚCIO, A. M. F.; BAKKE, I. A.; PIMENTA, M. A. C.; RAMOS, T. M. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* marth.) de diferentes matrizes do semiárido paraibano. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 13, n. 4, p. 275-280, 2017.

MENEZES, A. T.; SILVA, J. S.; SANTOS, J. L.; CANGUSSU, A. C. V.; CARDOSO, A. D.; MORAIS, O. M. Características biométricas de sementes de leucena. *Cadernos da Agroecologia*. v. 13, n. 1, 2018.

PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. (14a ed.), F. P. Gomes, 2000. 477 p.

SALIBA, E. O. S., RODRIGUEZ, N. M., MORAIS, S. A. L., & PILÓ-VELOSO, D. Ligninas - Métodos de obtenção e caracterização química. *Ciência Rural*, v. 31, n. 5, p. 917-928, 2001.

SILVA, M. S.; BORGES, E. E. L.; LEITE, H. G.; CORTE, V. B. Biometria de frutos e sementes de *Melanoxylon brauna* Schott. (Fabaceae-Caesalpinioideae). *Cerne*, v. 19, n. 3, p. 517-524, 2013.

SILVA, R. M., CARDOSO, A. D., DUTRA, F. V., & MORAIS, O. M. Aspectos biométricos de frutos e sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. P Provenientes do semiárido baiano. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 4, n. 3, p. 86-91, 2017.

SILVA, M. D. A., CARNEIRO, M. S. S., PINTO, A. P., POMPEU, R. C. F. F., SILVA, D. S., COUTINHO, M. J. F., & FONTENELE, R. M. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas d

o semiárido brasileiro. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36 ,n. 1, p. 571-578, 2015.

PARISI, J. J. D., SANTOS, A. F. D., BARBEDO, C. J., & MEDINA, P. F. Patologia de Sementes Florestais: Danos, Detecção e Controle, uma revisão. *Summa Phytopathologica*, v. 45, n. 2, p. 129 -133, 2019.

SILVA, F. D. B.; SALES, M. A. G.; SÁ, O. R. M.; SANTANA, G. M.; DEUS, M. S. M.; CASTRO E SOUSA, J. M.; PERON, A. P.; FERREIRA, P. M. P. Potencial citotóxico, genotóxico e citoprotetor de extratos aquosos de *Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Caesalpinia ferrea* Mart.

e *Caesalpinia pulcherrima* Sw. **Revista brasileira de Biociências**, v. 13, n. 2, p. 101-109, 2015

PONTES, M. DA S., SANTIAGO, E. F., NOBREGA, M. A. DOS S., & FREITAS, V. DE M. B. Caracterização morfológica usando dimensões lineares sobre os atributos biométricos em sementes de *Annona reticulata* (L.) Vell (Annonaceae). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 696-707.

SILVA, . R. B. .; SANTOS, I. G. de O. .; ALBUQUERQUE, K. A. D. .; SANTOS NETO, A. L. dos .; SANTOS, W. M. dos .; OLIVEIRA, J. D. S. de . Storage and conservation of Pau Ferro seeds native to the Caatinga of Alagoas. **Revista Ambientale**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 80-87, 2019.

SOUZA, B. C.; OLIVEIRA, R. S.; ARAÚJO, F. S.; LIMA, A. L. A.; RODAL M. J. N. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Rodriguésia**, v. 66 ,n.1,p. 021-032, 2015.

SILVA, A. C. C.; PRATA, A. P. N.; MELLO, A. A. Floração e frutificação da vegetação lenhosa na Caatinga em Sergipe. **Natureza Online**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 010-018, 2018.

Atividade antimicrobiana *in vitro* de méis de abelha sem ferrão

Autores:

Paulo Sergio Taube Junior

Doutorado em Química Analítica (UFSC), Professor da Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém Pará

Ana Claudia Souza Abreu

Universidade Federal do Oeste do Pará

Jandria Gabriela Vieira Gusmão

Universidade Federal do Oeste do Pará

Graciene do Socorro Taveira Fernandes

Universidade Federal do Oeste do Pará

Marcia Mourao Ramos Azevedo

Universidade Federal do Oeste do Pará

Tiago Santos Silveira

Universidade Federal do Oeste do Pará

DOI: 10.58203/Licuri.22189

Como citar este capítulo:

TAUBE JÚNIOR, Paulo Sergio *et al.* Atividade antimicrobiana *in vitro* de méis de abelha sem ferrão. In: Jaily Kerller Batista (Org.).

Pesquisas e inovações em Ciências

Ambientais e Agrárias. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 96-108.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O mel de abelha sem ferrão (ASF) promove diversos efeitos para a saúde, principalmente combatendo microrganismos. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a atividade antimicrobiana de méis de abelha sem ferrão da Amazônia. Metodologia: Foram utilizadas 35 amostras de méis de ASF provenientes de produtores rurais do estado do Amazonas. Essas amostras passaram por avaliação da atividade antimicrobiana através do ensaio de difusão em poços e Concentração Inibitória Mínima (CIM) frente a *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Escherichia coli*. Das 35 amostras, os méis de JUP1 e JUP2 da espécie de abelha *Melipona compressipes manaosensis*, que tiveram as maiores atividades antimicrobianas frente aos microrganismos testados. considerações finais: Os méis de *Melipona compressipes manaosensis* tiveram maiores inibições contra as bactérias, sendo assim, é importante a análise microbiológica dos méis para suas aplicabilidades clínicas, apesar de que a qualidade do mel possa ser influenciada por diversos fatores como a espécie de abelha, origem botânica, condições do ambiente e outros.

Palavras-chave: Bactérias. Abelhas. Melipona. Inibição. Microbiologia.

INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas vêm sendo estudada sobre a atividade antibacteriana do mel contra microrganismos patogênicos e a resistência de bactérias a antimicrobianos se tornou um problema de saúde pública global, ou seja, muitos fármacos deixaram de atuar satisfatoriamente contra infecções bacterianas devido a multirresistência de microrganismos, assim tem sido utilizado doses mais concentradas de antibióticos (LOUREIRO *et al.*, 2016). De acordo com Adadi e Obeng (2017) a atividade antimicrobiana do mel está relacionada à sua localização geográfica, condições climáticas e fonte alimentar das abelhas. Além disso, o processamento e armazenamento do mel podem interferir na atividade antimicrobiana.

Os méis de Abelha Sem Ferrão (ASF) como por exemplo, o gênero *Melipona*, possuem características físico-químicas e microbiológicas pouco conhecidas, devido a sua ampla distribuição geográfica no território brasileiro. Dessa forma, é o foco de diversas pesquisas sobre o comportamento dos microrganismos frente aos diferentes tipos de méis (BATISTON, 2017). Segundo Nordin *et al.* (2018) o mel de ASF apresenta diferentes concentrações de açúcar, umidade, acidez e outros. Além disso é abundante em flavonoides e compostos fenólicos, no qual promovem diversas finalidades biológicas e, principalmente atuam como antioxidantes naturais e promove um grande potencial para atividade antimicrobiana, anticancerígena, antitumoral, antifúngica, anti-inflamatória, cicatrizante e outros (WAHEED *et al.*, 2019).

Segundo Pires (2015) alguns organismos Gram-positivos como o gênero *Staphylococcus*, são conhecidos como uma das principais causas de infecções bacterianas, esses organismos colonizam a pele e as membranas mucosas do hospedeiro. Para a realização da atividade antimicrobiana, têm-se o método *in vitro*, sendo que a maioria das análises é geralmente feita a partir de dois métodos como o ensaio de difusão em ágar e outro processo por meio de diluição seriada em placas de microdiluição. Sendo que ambas as técnicas são utilizadas para a determinação antimicrobiana do mel (SZWEDA, 2017).

Nesse sentido, esse estudo teve como finalidade avaliar a atividade antimicrobiana do mel de abelha sem ferrão em ensaio *in vitro* frente a *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Escherichia coli*.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Bacteriologia (LABAC) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Foram analisadas 35 amostras de méis de abelha sem ferrão oriundas de diferentes propriedades rurais do Estado do Amazonas. O material foi coletado no período de estiagem e de chuvoso no Estado do Amazonas, entre os meses de março a outubro, entre os anos de 2020 e 2021. As amostras foram fornecidas pelos produtores, que retiraram diretamente das caixas e acondicionaram em frascos de vidro, sendo doados para os pesquisadores dessa pesquisa e enviados para análise logo após a coleta.

O método de ensaio de difusão em poços foi realizado por meio do protocolo recomendado pelo Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2012). Os inóculos utilizados foram cepas ATCC de bactérias: *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 25993) e *Escherichia coli* (ATCC 27853). Os inóculos foram preparados através de suspensão direta do crescimento microbiano em Caldo Triptona Soja (TSB) com turvação equivalente a 0,5 da escala de Mc Farland ($1,0 \times 10^8$ UFC/mL) sendo ajustada entre 0,08-0,13 de densidade óptica (D.O) a 600 nm em espectrofotômetro.

O ensaio de difusão em poços foi realizado com o auxílio de *swab* estéril, o inóculo microbiano foi semeado na superfície de uma placa de ágar Müller-Hinton, até alcançar um esfregaço uniforme. Após a secagem do inóculo, foram confeccionados poços com auxílio de molde com 6 mm de diâmetro, que foram impregnados com 100 μ L dos méis de ASF. Para fins de comparação e controle foram utilizados discos de antibióticos para cada cepa, que foram Eritromicina (15 mg), Cloranfenicol (30 mg), Amoxicilina associado ao Ácido clavulânico (30 mg), sendo todos da empresa Laborclin®. Os testes foram realizados em duplicata e as leituras foram realizadas após 24 h de incubação a 37°C, por meio da medição dos halos de inibição do crescimento em milímetros de diâmetro.

Foi utilizado também o método da microdiluição em caldo, seguindo as normas da M07-A9 do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2012). Em microplacas de 96 poços foram adicionados 100 μ L de meio de cultura caldo BHI, previamente inoculado com uma suspensão bacteriana em solução salina estéril, obedecendo a escala 0,5 de McFarland, que corresponde a $1,5 \times 10^8$ UFC mL⁻¹. O ajuste foi feito em espectrofotômetro (KASVI K37VIS, Piracicaba, São Paulo, Brasil), com o comprimento de onda a 600 nm e a leitura da absorbância entre 0,08 a 0,13. Cada poço da primeira linha foi preenchido com

150 uL de inóculo bacteriano em BHI, e as demais linhas com 100 uL. Na primeira linha, foi colocado 50 uL dos méis na concentração de 1 g/mL, e depois a amostra foi diluída pipetando 100 uL do primeiro poço para o segundo, do segundo para o terceiro, até o fim das linhas e teve um sobrenadante de 100 uL na ponteira que foi para o descarte, ficando dessa forma 100 uL de inóculo e mais de méis em cada placa. Para cada amostra dos méis, foi feito tratamentos em triplicata. A CIM foi determinada como a menor concentração do mel em $\mu\text{g mL}^{-1}$ que inibiu o crescimento microbiano.

Na Tabela 1, é descrito 4 amostras que receberam codificações que remetem aos nomes dos seus respectivos produtores e duas amostras identificadas com referência ao nome popular dos méis.

Tabela 1. Tipos de mel, espécies local e período de coleta dos méis.

| Amostra | Espécie | Local da coleta dos méis | Mês/Ano de coleta |
|---------|--|--|-------------------|
| JAN 1 | <i>Melipona subnitida</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JAN 2 | <i>Melipona subnitida</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JAN 3 | <i>Melipona subnitida</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JAN 4 | <i>Melipona subnitida</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JAN 5 | <i>Melipona subnitida</i> | Puraquequara- AM | 09/2020 |
| JAN 6 | <i>Melipona subnitida</i> | Instituto Federal do Amazonas (IFAM)- AM | 09/2020 |
| JAN 7 | <i>Melipona subnitida</i> | Autazes- AM | 10/2020 |
| JAN 8 | <i>Melipona subnitida</i> | Irlanduba- AM | 10/2020 |
| JUP 1 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JUP 2 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JUP 3 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JUP 4 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Boa Vista dos Ramos - AM | 09/2020 |
| JUP 5 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Puraquequara- AM | 09/2020 |
| JUP 6 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Instituto Federal do Amazonas - AM | 10/2020 |
| JUP 7 | <i>Melipona compressipes manaosensis</i> | Autazes- AM | 10/2020 |
| MFC 1 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 03/2021 |

Tabela 1. Continuação.

| | | | |
|-------|---------------------------------------|----------|--------------------|
| MFC 2 | <i>Melipona (Michmelia) paraensis</i> | Tefé- AM | 03/2021 |
| MFC 3 | <i>Melipona (Michmelia)</i> | Tefé- AM | 03/2021 |
| MFC 4 | <i>Melipona (Michmelia) paraensis</i> | Tefé- AM | 03/2021 |
| MFC 5 | <i>Melipona (Michmelia) paraensis</i> | Tefé- AM | 03/2021 |
| MFD 1 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MFD2 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 03/2021 04/2021 |
| MFD 3 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 03/2021 04/2021 |
| MFD 4 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 03/2021 04/2021 |
| MFD 5 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 03/2021 04/2021 |
| MJO 1 | <i>Cephalotrigona femorata</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJO 2 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJO 3 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJO 4 | <i>Melipona (Michmelia) paraensis</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJO 5 | <i>Melipona (Michmelia)</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJE 1 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJE 2 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJE 3 | <i>Melipona (Michmelia)</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJE 4 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |
| MJE 5 | <i>Melipona (Michmelia) seminigra</i> | Tefé- AM | 04/2021 |

Legenda: JAN: Jandaíra, JUP: Jupará.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão expostos os resultados obtidos da análise antimicrobiana com os 35 méis de ASF e 3 controles com antibióticos, frente a 3 diferentes bactérias, mostrando as resistências e as sensibilidades adquiridas. Observa-se o maior halo de inibição dos méis frente a *Staphylococcus aureus* na amostra JUP2 (24 mm), valor similar ao cloranfenicol

(25 mm) e a eritromicina (30 mm) e disperso a amoxicilina (40 mm). Enquanto para a *Pseudomonas aeruginosa*, o maior valor de inibição também foi registrado para a amostra JUP2 (29,6 mm), sendo que esse resultado foi maior que o antibiótico cloranfenicol (23 mm) e eritromicina (28 mm), sendo que apenas o antibiótico amoxicilina (34 mm) foi superior a JUP2. Já a *Escherichia coli* teve o maior valor de inibição dos méis na amostra JAN3 (19,6 mm), sendo que apenas o antibiótico cloranfenicol (35 mm) alcançou inibição em relação ao grupo controle.

Dessa forma, pode ser observado na Tabela 2, os halos de inibição dos méis de ASF frente a *E. coli* com valores que variaram entre o mínimo de 8 mm (MFD2) e no máximo de 19,6 mm (JAN3). Em relação ao grupo controle com antibióticos comerciais, somente o cloranfenicol foi sensível a *E. coli*, enquanto a amoxicilina e eritromicina foram resistentes. No estudo Gonçalves *et al.*, (2005) a atividade antimicrobiana no mel de ASF *Nannotrigona testaceicornis*, teve o maior valor na medida do halo de inibição com 19,0 mm frente a *E. coli*.

Os halos de inibição das amostras dos méis de ASF frente a bactéria *P. aeruginosa* foram entre 5,6 mm (MFD1) a 29,6 mm (JUP2) (Tabela 1), enquanto os antibióticos comerciais, variaram entre 23,0 mm a 34,0 mm (Tabela 1). Hasali *et al.* (2018) usaram méis de ASF de *Heterotrigona itama* de vários locais da costa leste da Península da Malásia e tiveram inibição a *Pseudomonas aeruginosa* entre 15 mm a 25 mm, enquanto que o controle com antibióticos variaram entre 10 mm a 19,5 mm.

Os halos de inibição das amostras dos méis de ASF frente a bactéria *S. aureus* variaram de 8 mm (MFD5) a 24 mm (JUP2), enquanto os antibióticos comerciais variaram entre 25 mm a 40 mm (Tabela 2). Roós *et al.* (2018) tiveram resultados com méis de ASF com halos de inibição frente a *S. aureus* com valores que variaram entre 18 mm a 21 mm. Grzegozeski (2015) analisou os halos de inibição do mel de ASF (*Tetragonisca angustula*) frente a *S. aureus* e obteve valores entre 10,89 mm a 11,08 mm, enquanto que o controle com a amoxicilina teve inibição em 19,05 mm.

As amostras MFC2, MFC4, MJE3, MJE5, MDF5 e MJ03 dos méis de ASF (Figura 2) tiveram atividades inibitórias apenas para uma bactéria testada. Essa condição também foi descrita por Domingos (2019), que utilizou méis de ASF de *M. ebúrnea*, *M. grandis*, *M. seminigra* e *M. flavolineata* contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas e obteve variadas susceptibilidade e inibição aos microrganismos testados. Uma plausível explicação para esses resultados estaria na baixa quantidade de peróxido de hidrogênio presentes no

mel, pois a quantidade de peróxido de hidrogênio é proporcional à sua atividade antibacteriana, além disso, a origem florística, geográfica, estação do ano e condições de armazenamento dos méis influenciam na sua composição e, conseqüentemente na atividade antimicrobiana (ESCUREDO *et al.*, 2014).

Dessa forma, nota-se que os méis das amostras JUP1 e JUP2 (Tabela 2), ambas da espécie de abelha *Melipona compressipes manausensis*, apresentaram os melhores desempenhos contra as bactérias testadas, principalmente contra a *P. aeruginosa* e *S. aureus*. Vale ressaltar que essas duas amostras foram coletadas na estação seca e tiveram a mesma origem geográfica, sendo que também foi observado outras duas amostras JUP3 e JUP4 com a mesma localização geográfica, estação do ano e espécie de abelha. O estudo de Escuredo *et al.*, (2014) justifica que a origem florística e as condições de armazenamento dos méis influenciam também na composição do mel e, conseqüentemente na atividade antimicrobiana. Além disso, Manyi-Loh *et al.* (2010) justifica que a umidade adequada, o baixo valor de pH interfere na atividade de enzimas, como a glicose oxidase, que gera peróxido de hidrogênio, ele é essencial para a atividade antimicrobiana dos méis.

Tabela 2 - Diâmetros dos halos de inibição (mm) produzidos pelas 35 amostras testadas com méis de abelha sem ferrão e 3 antibióticos contra as bactérias *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* no ensaio de difusão em ágar.

| Amostras | <i>Escherichia coli</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
|----------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| JUP 1 | 14,3 | 22,0 | 24,6 |
| JUP 2 | 18,3 | 24,0 | 29,6 |
| JUP 3 | 17,6 | 17,6 | 14,6 |
| JUP 4 | 15,3 | 20,0 | 17,6 |
| JUP 5 | 13,3 | 12,3 | 14,6 |
| JUP 6 | 18,3 | 17,7 | 17,0 |
| JUP 7 | 10,0 | 16,3 | 12,3 |
| MFC 1 | 11,3 | 13,3 | 9,6 |
| MFC 2 | 16,3 | NTI | NTI |
| MFC 3 | 12,0 | 10,0 | 8,6 |
| MFC 4 | 13,6 | NTI | NTI |
| MFC 5 | 10,6 | NTI | 10,3 |
| MJE 1 | 15,0 | 15,6 | 19,6 |

Tabela 2. Continuação.

| | | | |
|--------|------|------|------|
| MJE 2 | 13,0 | NTI | 17,3 |
| MJE 3 | NTI | 15,0 | NTI |
| MJE 4 | 11,3 | 15,6 | 16,6 |
| MJE 5 | NTI | NTI | 15,0 |
| MFD 1 | NTI | 12,6 | 5,6 |
| MFD 2 | 8,0 | NTI | 10,0 |
| MFD 3 | 15,3 | 16,3 | 8,0 |
| MFD 4 | 10,3 | 13,6 | 15,3 |
| MFD 5 | NTI | 8,0 | NTI |
| MJO 1 | 17,6 | 21,3 | 22,0 |
| MJO 2 | 17,6 | 11,0 | NTI |
| MJO 3 | NTI | 11,3 | NTI |
| MJO 4 | NTI | 10,0 | 10,6 |
| MJO 5 | 9,6 | 12,0 | NTI |
| JAN 1 | 11,6 | 21,3 | 22,3 |
| JAN 2 | 14,6 | 9,6 | 12,0 |
| JAN 3 | 19,6 | 13,5 | 14,6 |
| JAN 4 | 17,0 | 11,0 | 12,3 |
| JAN 5 | 19,3 | 13,5 | 14,6 |
| JAN 6 | 13,3 | NTI | 10,6 |
| JAN7 | 12,0 | 9,0 | 11,0 |
| JAN 8 | 13,3 | 13,1 | 13,0 |
| AMC 30 | NTI | 40 | 34,0 |
| ERI 15 | NTI | 30 | 28,0 |
| CLO 30 | 35 | 25 | 23,0 |

Os valores estão representados como média da duplicata. Legenda: AMC: Amoxicilina, ERI: Eritromicina, CLO: clorofenicol, NTI: Não teve inibição.

Na Tabela 3, a concentração inibitória mínima obtida, para todas as amostras dos méis variaram entre as concentrações de 1000, 500 e 250 mg/mL⁻¹. As amostras dos méis JUP1 e JUP2 apresentaram as melhores atividades antimicrobiana em análise de CIM, principalmente nas concentrações de 25 % (250 mg/mL⁻¹). Tais resultados corroboram com o estudo de Pimentel (2010) que utilizou méis de abelha da espécie de *Melipona compressipes manaosensis* e mostrou uma adequada atividade frente a cepas Gram-positivas e cepas Gram-negativas. Além disso, Batiston (2017) mostrou que os dados da CIM inibiram o crescimento de todas as suas bactérias como a *E. coli* e *S. aureus* e foi amplamente inibido na diluição de 25% (250 mg/mL⁻¹) através dos méis de ASF.

Algumas amostras de méis de ASF da Tabela 3, não apresentaram atividade inibitória contra uma ou duas cepas de *S. aureus*, *P. aeruginosa* ou *E. Coli* e, curiosamente, apenas duas amostras MJE3 e MFD5 não apresentaram inibição contra nenhuma das bactérias testadas. Isso foi observado no estudo de Jesus *et al.* (2020), que utilizaram méis de abelha de *Melipona scutellaris* e *Tetragonisca angustula* e tiveram amostras que não apresentaram atividade antimicrobiana contra as bactérias *E. coli* e *P. aeruginosa*. Dessa forma, a quantidade e distribuição de compostos fenólicos podem justificar essas diferenças inibitórias dos méis contra os microrganismos (BANDEIRA *et al.*, 2018).

Tabela 3. Concentração inibitória mínima (CIM, em mg mL⁻¹) das 35 amostras de méis de abelha sem ferrão contra o crescimento de *E. coli*, *S. aureus* e *P. aeruginosa*.

| Amostras | <i>Escherichia coli</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
|----------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| JUP 1 | 250 | 250 | 250 |
| JUP 2 | 250 | 500 | 250 |
| JUP 3 | 500 | 1000 | 500 |
| JUP 4 | 250 | 500 | 250 |
| JUP 5 | 500 | 1000 | 500 |
| JUP 6 | 500 | 500 | 500 |
| JUP 7 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MFC 1 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MFC 2 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MFC 3 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MFC 4 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MFC 5 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MJE 1 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MJE 2 | NTI | 1000 | NTI |
| MJE 3 | NTI | NTI | NTI |
| MJE 4 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MJE 5 | 1000 | 500 mg/mL | 1000 |
| MFD 1 | NTI | 1000 | NTI |
| MFD 2 | NTI | 1000 | NTI |
| MFD 3 | NTI | 1000 | NTI |
| MFD 4 | NTI | 1000 | NTI |
| MFD 5 | NTI | NTI | NTI |
| MJO 1 | 1000 | 500 | 1000 |
| MJO 2 | NTI | 1000 | NTI |

Tabela 3. Continuação.

| | | | |
|-------|------|------|------|
| MJO 3 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MJO 4 | 1000 | 1000 | 1000 |
| MJO 5 | 1000 | 1000 | 1000 |
| JAN 1 | NTI | 1000 | NTI |
| JAN 2 | 1000 | 1000 | 1000 |
| JAN 3 | 1000 | 1000 | 1000 |
| JAN 4 | 1000 | 1000 | 1000 |
| JAN 5 | NTI | 1000 | NTI |
| JAN 6 | 1000 | 1000 | 1000 |
| JAN 7 | 1000 | 1000 | 1000 |
| JAN 8 | NTI | 1000 | NTI |

Legenda: NTI - Não teve inibição; CIM - Concentração inibitória mínima.

Dessa forma, os méis meliponíneos apresentam diferentes graus de atividade antimicrobiana, sendo justificado por várias interferências, como fatores referentes à composição química do mel e, principalmente, a flora visitada pelas abelhas (Souza *et al.*, 2021).

Yaacob *et al.*, (2017) mencionam que a atividade antibacteriana do mel depende da localização geográfica, colheita, clima, manuseios e situações de armazenamento, bem como presença de compostos fenólicos, acidez e maior pressão osmótica.

Segundo Kwakman e Zaat (2012) a alta concentração de açúcares em sinergia com baixas concentrações de umidade provoca o estresse osmótico da célula, o que impede a deterioração do mel por bactérias e, conseqüentemente favorecem as atividades antimicrobianas.

CONCLUSÕES

A análise microbiológica dos ensaios de difusão em poços obteve halos de inibição até o máximo 29,6 mm e a CIM foi observada a menor concentração era suficiente para inibir o crescimento (250 mg/mL^{-1}) dos méis de *Melipona compressipes manaosensis* das amostras JUP1 e JUP2, pois tiveram as melhores inibições frente a *S. aureus*, *E. Coli* e *P. aeruginosa* em relação as demais amostras de méis de ASF. Vale ressaltar, que possivelmente fatores de origem botânica e condições de armazenamento e outros, podem interferir na atividade antimicrobiana.

REFERÊNCIAS

ADADI, P.; OBENG, A. K. Assessment of Antibacterial Quality of Honey Produced in Tamale Metropolis (Ghana). *J. Food Drug Anal.* v. 25, n.2, p. 369-373, 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9332528/>

BANDEIRA, A. M. P.; VASCONCELOS, A. A.; BARROSA, E. C.; TAUBE, P. S.; BANDEIRA FILHO, J. R.; DIASC, A. L.; SOUSA JÚNIOR, J. J. V.; BOGER, A. E.; ESCHERC, S. K. S.; RUY BESSA LOPES, R. B.; SANTOS FILHO; M. B.; MOURA, L. S.; SANTANA, M. B. Antimicrobial activity of honey produced in the West of the state of Pará, Brazil. *Academia Journal of Microbiology Research*, v. 5, n. 3, 2018. <https://new.academiapublishing.org/print/Bandeira%20et%20al.pdf>

BATISTON, THAISA FRANCIELLE TOPOLSKI PAVAN. **Atividade antimicrobiana de diferentes méis de abelha sem ferrão**. Dissertação em Zootecnia. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Chapecó, Santa Catarina, 2017. <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00003a/00003ac8.pdf>

CLSI. **Clinical and Laboratory Standards Institute**. Except as stated below, neither this publication nor any portion thereof may be adapted, copied, or otherwise reproduced, by any means (electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise) without prior written permission from Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), 2012. <https://clsi.org/about/clsi-and-international-standards-development/iso-committees/technical-committee-212/>

DOMINGOS, SUSAN CHRISTINA BRAGA. **Atividade antibacteriana dos méis de abelhas-sem-ferrão do gênero *melipona* da amazônia (Apidae: Meliponina)**. Dissertação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental, mestrado em Ciência Animal, Rio Branco, Acre, 2019. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-213083>

ESCUREDO, Olga; DOBRE, Irina; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, Maria. SEIJO, M. Carmen. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, v. 149, n. 15, p. 84-90, 2014. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24295680/>

GONÇALVES, A. L.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. Atividade antimicrobiana do mel de abelha nativa sem ferrão *nannotrigona testaceicornis* (hymenoptera: apidae, meliponini). *Rev. Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.72, n.4, p.455-459, 2005. <https://www.scielo.br/j/aib/a/jX6tp4TvqfXB3kWSdwzKCXN/?format=pdf>

GRZEGOZESKI, Thaís Luana. **Influência da espécie de abelha e da origem floral do mel sobre a atividade antimicrobiana frente às bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli***. 2015. 41 f. Monografia em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6809>

HASALI, N. H. M.; ZAMRI, A. I., LANI, M. N., MUBARAK, A.; AHMAD, F.; CHILEK, T. Z. T. Physico-chemical analysis and antibacterial activity of raw honey of stingless bee farmed in coastal areas in Kelantan and Terengganu. *Rev. Malays. Appl. Biol.* v. 47, n. 4, p. 145-151, 2018. https://www.researchgate.net/publication/328790166_Physico-chemical_analysis_and_antibacterial_activity_of_raw_honey_of_stingless_bee_farmed_in_coastal_areas_in_Kelantan_and_Terengganu

JESUS, M. C. de; OLIVEIRA, D. C. de; RODRIGUEZ FIGUERO, A. L. E.; BRANDÃO, H. N.; KAMIDA, H. M.; SANTOS, F. de A. R. dos. Caracterização botânica e avaliação do potencial antimicrobiano do mel produzido por *Apis mellifera* L, *Melipona scutellaris* Latreille e *Tetragonisca angustula* Latreille (Hymenoptera: Apidae) em um fragmento de floresta ombrófila densa no estado da Bahia, Brasil. *Rev. Paubrasilia*, Porto Seguro, v. 3, n. 2, p. 37-50, 2020. <https://periodicos.ufsb.edu.br/index.php/paubrasilia/article/view/40>

KWAKMAN, P. H.; ZAAT, S. A. Antibacterial components of honey. *IUBMB Life*. Jan. v.64, n. 1, pp. 48-55, 2012. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22095907/>

LOUREIRO, R. J.; ROQUE, F.; RODRIGUES, A. T.; HERDEIRO, M. T.; RAMALHEIRA, E. O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. *Portuguesa de Saúde Pública*, v. 34, n. 1, p. 77-84, 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S087090251500067X>

MANYI-LOH, C. E.; CLARKE, A. M.; MUNZHELELE, T.; GREEN, E.; MKWETSHANA, N. F.; NDIP, R. N. Selected South African honeys and their extracts possess in vitro anti-*Helicobacter pylori* activity. *Arch Med Res*. v. 41, n. 5, p. 324-31, 2010. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20851288/>

NORDIN, A., SAINIK, N. Q. A. V., CHOWDHURY, S. R., SAIM, A. BIN, & IDRUS, R. B. H. Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.73, p. 91-102. 2018. <file:///C:/Users/Herbert%20Sousa/Downloads/physico-stingless.pdf>

PIMENTEL, Renah Boanerges de Queiroz. **Avaliação da atividade antibacteriana e identificação de compostos fenólicos do mel de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) *Melipona compressipes manaoenses* e *Melipona seminigra*.** Dissertação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Manaus-AM, 2010. <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/2219>

PIRES, Carla Avelar; DOS SANTOS, Maria Amélia Lopes; OLIVEIRA, Bruna Feio de; DE SOUZA, Camila Ribeiro; BELARMINO, Larissa Nayara Martins; MARTINS, Malu Frade. Infecções bacterianas primárias da pele: perfil dos casos atendidos em um serviço de dermatologia na Região Amazônica, Brasil. *Revista Pan-Amaz Saude*. v. 6. n.2, 2015. http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232015000200045

ROÓS, P. B.; SOARES, L. B.; RESMIM, C. M.; ROSA, F. P.; FARINA, J. B.; VIELMO, N. I C.; SISTI, J. N.; CAETANO, M. M.; TUSI, M.M. Avaliação de parâmetros físico-químicos e da atividade antimicrobiana in vitro de méis de jataí (*tetragonisca angustula*) provenientes

do Rio Grande do Sul. *Perspectiva, Erechim*. v. 42, n.159, p. 97-107, 2018. https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/159_727.pdf

SOUZA, I. C. C. de., MORÁS, E. H.; TEIXEIRA, I. R. D. V. Uma revisão de literatura: atividade antimicrobiana do mel derivado de abelhas sem ferrão. *Rev. Revista Multidisciplinar De Educação E Meio Ambiente*, v. 2, n.2, p. 88, 2021. <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/1657>

SZWEDA, Piotr. Antimicrobial Activity of Honey. *Rev. Journals IntechOpen*. March 15 th, 2017. <https://www.intechopen.com/chapters/54003>

WAHEED, M.; HUSSAIN, M. B.; JAVED, A.; MUSHTAQ, Z.; HASSAN, S.; SHARIATI, M. A.; KHAN, M. U.; MAJEED, M.; NIGAM, M.; MISHRA, A. B.; HEYDARI, M. Honey and cancer: A mechanistic review. *Clinical Nutritivos*, v. 38, n.6, p. 2499-2503, 2019. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30639116/>

YAACOB, M.; RAJAB, N. F.; SHAHAR, S.; SHARIF, R. Stingless bee honey and its potential value: a systematic review. *Food Res.*, v. 2, n. 2, pp. 124-133, 2017. https://www.researchgate.net/publication/320808367_Stingless_bee_honey_and_its_potential_value_A_systematic_review

Princípios ativos e características de defensivos agrícolas registrados para controle de pragas do cajueiro

Autores:

Antonio Lindemberg Martins Mesquita

Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza

Maria do Socorro Cavalcante de Souza Mota

Analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza

Gabryellen Araújo da Silva

Graduando da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

Erik Macedo Colares Oliveira

Graduando da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

João Victor de Souza Soares

Graduando da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

DOI: 10.58203/Licuri.22190

Como citar este capítulo:

MESQUITA, Antonio Lindemberg Martins *et al.* Princípios ativos e características de defensivos agrícolas registrados para controle de pragas do cajueiro. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 109-122.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo relacionar os inseticidas registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para algumas pragas do cajueiro (*Anacardium occidentale* L) e, dessa forma, disponibilizar mais essa opção para o manejo integrado de pragas da cultura. O levantamento foi realizado por meio de consultas a publicações especializadas, como Instruções Normativas, Diário Oficial, Agrofite e bulas das empresas detentoras dos registros dos produtos. Atualmente, são 14 inseticidas, dois acaricidas e quatro fungicidas que também apresentam ação acaricida registrados pelo MAPA para o controle de pragas do cajueiro. Das 10 pragas com registro de defensivos, 9 delas ocorrem em condições de cultivo no campo, e uma (*Tribolium castaneum*) ocorre na etapa de pós-colheita; mas, especificamente, nas castanhas armazenadas. Os inseticidas, com seus diferentes princípios ativos, apresentam ação de contato, ingestão, sistêmica, repelência, inibição de alimentação, regulador de crescimento e fumigação. Dentre os produtos, o Delegate® (espinetoram), de origem biológica, é registrado para quatro pragas, sendo o inseticida com maior espectro de ação para as pragas listadas. Para algumas das pragas relacionadas, são sugeridas outras recomendações alternativas de manejo, além da possibilidade do controle químico. A indicação de utilização desses produtos, com a garantia de que foram analisados pelos órgãos oficiais de Governo, respalda a recomendação de uso pelos profissionais do setor agrícola, proporcionando a produção de alimentos seguros.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Manejo integrado de pragas. Inseticidas. Insetos e ácaros. Culturas de Suporte Fitossanitário Insuficiente.

INTRODUÇÃO

O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., é uma planta nativa do Brasil cultivada com maior intensidade na região Nordeste. A produção de castanha-de-caju no Brasil, conforme dados do IBGE relativos ao ano de 2021, totalizou apenas 111.103 toneladas, oriundas de uma área colhida de 427.144 hectares, envolvendo a participação de onze unidades da federação. Esse montante proporcionou um valor bruto da produção brasileira de castanha de caju na ordem de R\$ 476,9 milhões, concentrado em três estados: Ceará, com 62%; Piauí, com 15%; e Rio Grande do Norte, com 13% do total. Ou seja, esses três estados respondem por 90% da produção brasileira.

A baixa produtividade dos pomares de caju observada atualmente é resultante da combinação de vários fatores, como problemas climáticos relacionados à irregularidade de precipitações pluviométricas observada nos últimos anos, pequeno uso de clones selecionados e processos inadequados de manejo da planta, do solo e de manejo fitossanitário. As doenças e pragas do cajueiro, além de causarem mais de 30% de perdas na produção e danos à qualidade dos produtos (amêndoa e pedúnculo), reduzem também a vida útil dos pomares (CARDOSO et al., 2013; MESQUITA e BRAGA SOBRINHO, 2013).

No Brasil, existe o registro da ocorrência de mais de uma centena de espécies de insetos e ácaros associados ao cajueiro, os quais podem ser encontrados atacando todos os órgãos da planta. Entretanto, mesmo com os sérios problemas fitossanitários que a afetam, historicamente a cultura sempre teve um número reduzido de produtos fitossanitários registrados. As culturas para as quais falta ou há um número baixo de defensivos registrados são definidas, no Brasil, como Culturas de Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI) ou “*Minor Crops*”. Essa ausência dificulta o trabalho do profissional da área por não poder recomendar o uso de um produto não registrado.

A aprovação de agrotóxicos no Brasil é regida pela Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, a Lei dos Agrotóxicos. Em seu Art. 3º, a lei condiciona a aprovação de produção, exportação, importação, comercialização e utilização de agrotóxicos, seus componentes e afins, ao registro prévio em órgão federal. Esse registro é executado por um sistema tripartite, envolvendo, com o mesmo peso de decisão, o Ministério do Meio Ambiente, por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), responsável pelo exame da periculosidade ambiental, o impacto de novos ingredientes ativos e marcas de químicos no meio ambiente; o Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que avalia os riscos desses produtos para a saúde humana; e o Ministério

da Agricultura e Pecuária (MAPA), responsável pelo exame de aspectos de eficácia e eficiência agronômica.

Segundo Souza (2019), reconhecendo essas dificuldades e objetivando favorecer o uso correto e regulamentado de defensivos nessas culturas, foi publicada a Instrução Normativa Conjunta (INC) Nº 1, de 16 junho de 2014, com a coparticipação do MAPA, da ANVISA e do IBAMA. A norma estabelece um sistema de agrupamento de fruteiras reunidas em sete grupos. O grupo “dois”, do qual faz parte o cajueiro, compreende as frutas com casca comestível, cujas culturas representativas são Maçã (*Malus domestica*) e Uva (*Vitis vinifera*). A criação da INC 1 teve por objetivo extrapolar os valores do Limite Máximo de Resíduo (LMR) e do Intervalo de Segurança (IS) do ingrediente ativo (i.a), provisoriamente, das culturas representativas para as Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI) que fazem parte de cada grupo e respectivo subgrupo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo relacionar os defensivos registrados no MAPA para controle de algumas pragas do cajueiro e, dessa forma, disponibilizar mais essa opção para o manejo integrado de pragas da cultura do caju.

METODOLOGIA

O levantamento de dados foi realizado por meio de consultas a publicações especializadas, como Instruções Normativas do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Federação da Agricultura do Estado do Paraná (Sistema FEAP), Agrofit e bulas das empresas detentoras dos registros dos produtos. Outras opções de manejo foram obtidas de publicações da Embrapa e outras fontes de publicações técnicas relacionadas ao assunto (MELO & BLEICHER, 2002; MESQUITA & BRAGA SOBRINHO, 2013).

Descrição dos defensivos registrados no MAPA para a cultura do cajueiro

A lista de defensivos registrados para controle de pragas do cajueiro é composta de 20 produtos comerciais, com 16 princípios ativos, para um total de 10 pragas. Nas tabelas 1, 2 e 3, podem ser observados os diferentes modos de ação, os períodos de carência, as dosagens e os princípios ativos dos inseticidas e fungicidas/acaricidas.

Tabela 1. Inseticidas registrados no MAPA para o controle de pragas da cultura do cajueiro.

| Produto Comercial | Praga | Modo de ação | Princípio ativo | Dosagem | Carência |
|-------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------|---------------|
| AZAMAX® | Tripes-do-cacauero (<i>Selenothrips rubrocinctus</i>) | Repelente, inibidor de alimentação e regulador de crescimento de insetos/ácaros. | Azadiractina | 250 a 300ml/100 L água | Sem restrição |
| DECIS 25 EC® | Broca-das-pontas (<i>Anthistarcha binocularis</i>) | Inseticida de contato e ingestão | Deltametrina | 200 mL/ha | 7 dias |
| | Tripes-do-cacauero (<i>Selenothrips rubrocinctus</i>) | | | | |
| DELEGATE® | Broca-das-pontas (<i>Anthistarcha binocularis</i>) | Inseticida não sistêmico de origem biológica, com modo de ação de contato | Espinetoram | 80 - 120 g/ha | 3 dias |
| | Traça-da-castanha (<i>Anacampsis phytomiella</i>) | | | | |
| | Lagarta-saia-justa (<i>Cicinnus callipius</i>) | | | | |
| | Tripes-da-cinta-vermelha (<i>Selenothrips rubrocintus</i>) | | | | |
| DELROS 25 EC® | Broca-das-pontas-do-cajueiro (<i>Anthistarcha binocularis</i>) | Inseticida de contato e ingestão | Deltametrina | 200 ml/ha | 7 dias |
| | Tripes-do-cacauero (<i>Selenothrips rubrocinctus</i>) | | | | |
| ELEITTO® | Mosca-branca (<i>Aleurodicus cocois</i>) | Inseticida Sistêmico e de Contato | Acetamiprido + etofenproxi | 40 a 50 mL/100L de água | 3 dias |
| FASTMITE® | Ácaro-rajado (<i>Tetranychus urticae</i>) | Inseticida, acaricida e nematicida com ação de contato e ingestão | Abamectina | 3 a 5 g/100L de água | 28 dias |
| INFLUX® | <i>Helicoverpa armigera</i> | Inseticida com modo de ação de contato e ingestão | Benzoato de Emamectina + Lufenurom | 75 - 150 (g/ha) | 7 dias |

Tabela 1. Continuação.

| | | | | | |
|-----------------------|--|--|-------------------------------|------------------------------|---------|
| MINECTO PRO® | Ácaro-rajado (<i>Tetranychus urticae</i>) | Inseticida e acaricida com modo de ação de contato e ingestão | Abamectina + Ciantraniliprole | 250 - 500 mL/ha | 1 dia |
| OMITE 720 EC® | Eriofídeo-das-flores (<i>Eriophyes rossettonis</i>) | Acaricida específico, com ação ovicida, larvicida e adulticida | Propargito | 70 a 130 ml/100 Litros água | 14 dias |
| PIRIPROXI FEN NORTOX® | Mosca-branca-do-cajueiro (<i>Aleurodicus cocois</i>) | Inseticida de contato e translaminar | Piriproxifem | 25,0 - 37,5 mL/100 L de água | 14 dias |
| PROCLAIM® 50, AFFIRM® | <i>Helicoverpa armigera</i> | Inseticida com modo de ação de contato e ingestão | Benzoato de Emamectina | 200 - 300g/ha | 7 dias |
| SCATTO® | Broca-das-pontas-do-cajueiro (<i>Anthistarcha binocularis</i>) | Inseticida com modo de ação de contato e ingestão | Deltametrina | 200mL/ha | 7 dias |
| | Tripes-do-cacaueiro (<i>Selenothrips rubrocinctus</i>) | | | | |
| SIVANTO PRIME 200 SL® | Pulgão (<i>Aphis gossypii</i>) | Inseticida sistêmico, de contato e de ingestão | Flupiradifurona | 0,75 - 1,0 L/ha | 7 dias |
| | Mosca-branca (<i>Aleurodicus cocois</i>) | | | | |

Os princípios ativos presentes nos produtos apresentam diferentes sítios e modos de ação; alguns são moduladores de canais de sódio, como a deltametrina e o acetamiprido; a maioria age no sistema nervoso e muscular, caso do espinetoram e da abamectina; já o enxofre é o princípio ativo de vários fungicidas/acaricidas, que age por meio do efeito desalojante aos ácaros.

As pragas que possuem produtos registrados para seu controle na cultura do cajueiro estão descritas a seguir:

Broca-das-pontas: *Anthistarcha binocularis* Meyrick, 1929 (Lepidoptera: Gelechiidae)

O adulto é uma mariposa pequena, com cerca de 1 cm de envergadura, de coloração cinza e asas esbranquiçadas. A fêmea faz a postura na haste das inflorescências. Após a eclosão, a larva penetra no tecido tenro e se move em direção ao centro do ramo, formando galerias. A lagarta tem coloração amarelada e completa a fase de larva e pupa no interior dos ramos atacados (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013).

O sintoma de ataque é a murcha, seguida de seca dos ramos ou inflorescências, podendo ocorrer o acúmulo de goma ao redor do orifício observado na lateral do ramo, que é feito pela lagarta antes de se empupar, com a finalidade de proporcionar a saída da mariposa após sua emergência (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013).

O controle cultural pode ser feito no início do ataque, pela poda e destruição das panículas e/ou inflorescências atacadas por meio da queima ou do enterrio. O controle químico pode ser realizado com a utilização dos produtos listados na Tabela 1; atualmente estão registrados no Agrofite os produtos: Decis 25 EC[®], Scatto[®], Delros 25 EC[®] (Deltametrina) e Delegate[®] (Espinetoram).

Traça-da-castanha: *Anacamptis phytomiella* Busck, 1914 (Lepidoptera: Gelechiidae)

É considerada a principal praga dos frutos do cajueiro, pelos graves danos econômicos que causa, visto que sua ação resulta na destruição da amêndoa. O inseto adulto é uma mariposa que mede aproximadamente 13 mm de envergadura, apresenta coloração escura, com pequenas áreas claras nas asas. Próximo à fase de pupa, a lagarta apresenta 12 mm de

comprimento, tem coloração rosa-claro e a cabeça preta. A colocação dos ovos (invisíveis a olho nu) é feita nos frutos jovens, e a pequena lagarta penetra na castanha sem deixar vestígios externos da penetração, destruindo completamente a amêndoa, tornando-a imprestável para comercialização. Geralmente, encontra-se apenas uma lagarta por castanha.

Antes de se tornar pupa, a lagarta abre um orifício na parte distal da castanha, por onde sairá o inseto adulto. A presença da praga, portanto, só é notada quando as castanhas apresentam o furo. O ataque da praga é mais conhecido pelos produtores como “castanha furada” (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013).

Como controle cultural, recomenda-se a retirada e eliminação das castanhas furadas assim que forem observadas nas plantas, ainda com coloração verde. Pode ser retirada apenas a castanha, deixando-se o caju, pois este desenvolver-se-á normalmente. O controle químico pode ser feito com o inseticida Delegate (Espineteram), o único produto registrado para controle da praga.

Pulgão-das-inflorescências: *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)

Inseto pequeno de corpo frágil, de coloração amarelo a verde, lento e geralmente áptero. Criam colônias nas inflorescências e nos maturis, de onde realizam a sucção da seiva que pode resultar, quando em altos níveis de infestação, na seca e queda dos ramos reprodutivos e frutos (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013).

O Sivanto® prime 200 SL (AGROFIT, 2003) é o produto registrado para controle do pulgão no cajueiro, cuja eficácia ocorre por meio do modo de ação sistêmico (Tabela 1).

Mosca-branca: *Aleurodicus cocois* Curtis, 1846 (Hemiptera: Aleyrodidae)

Pequenos insetos sugadores que têm asas brancas, corpo revestido por uma cerosidade branca pulverulenta e medem 2 mm de envergadura. Os insetos começam o povoamento a partir de pequenos focos de infestação, na face abaxial das folhas e em um número reduzido de plantas, que se estendem ao decorrer do tempo (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013). As plantas infestadas podem apresentar na face superior das folhas a presença de fumagina, um fungo preto que ocorre devido à exsudação açucarada do inseto (GARCIA et al., 2013). A mosca-branca causa danos diretos na cultura do caju ao injetar toxinas durante a sucção da

seiva das folhas, que podem resultar em distúrbios fitotóxicos caracterizado pela murcha e pelo amarelecimento de folhas e galhos (GOIANA et al., 2020).

O controle químico pode ser realizado com o uso de inseticidas registrados para essa praga que estão descritos na Tabela 1: Piriproxifen Nortox[®], Sivanto Prime 200 SL[®] e Eleitto[®].

Tripes-da-cinta-vermelha: *Selenothrips rubrocinctus* Giard, 1901 (Thysanoptera: Thripidae)

O inseto adulto possui coloração preta, com aproximadamente 1 mm de comprimento; entretanto, a fase jovem é amarelada com os primeiros segmentos do abdome avermelhados, dando origem ao seu nome vulgar (PEREIRA, 2002).

Segundo Mesquita e Braga Sobrinho (2013), o inseto tende a aparecer na cultura do cajueiro durante a época de estiagem, atacando a face abaxial das folhas, os ponteiros, os pedúnculos, as castanhas e as inflorescências. Segundo Pereira (2002), o local afetado se torna clorótico, evoluindo para tons bronzeados, e os frutos ficam com a superfície de aspecto raspado; quando severo, o ataque resulta na seca de folhas e inflorescências, queda da produção geral do cajueiro e desvalorização dos frutos.

O controle químico pode ser feito com os inseticidas Scatto[®], Delros[®], Delegate[®] e Decis 25 EC[®], que possuem modo de ação de contato e/ou ingestão; e Azamax, que atua como repelente, inibidor de alimentação e regulador de crescimento.

Lagarta-saia-justa: *Cicinnus callipius* Schaus, 1928 (Lepidoptera: Mimallonidae)

As posturas são bem características por apresentarem os ovos colados e sobrepostos uns aos outros, formando uma longa espécie de fita, com várias voltas, com uma média de 361 ovos por postura

Em seus primeiros estádios, as lagartas ficam agrupadas entre duas folhas, passando as últimas fases separadas, envolvidas em uma folha, que lhe serve de abrigo. Quando totalmente desenvolvidas, elas medem 6 cm de comprimento, têm cabeça de cor preta e pró-tórax preto com duas manchas brancas.

O manejo cultural pode ser feito retirando-se as posturas de coloração amarelada ou preta, eliminando-se a massa de lagartas encontradas no interior de folhas unidas, bem como

mediante a retirada e eliminação das folhas enroladas que servem de abrigos com lagartas ou pupas no seu interior (MELO; BLEICHER, 1998; MESQUITA; BRAGA SOBRINHO, 2013).

Essa praga possui o inseticida Delegate® (Tabela 1) como o único produto registrado para seu controle na cultura do cajueiro.

Besouro-castanho: *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae)

Os adultos são besourinhos de coloração castanho-avermelhado uniforme, de 3,0 a 4,0 mm de comprimento, achatados, apresentando na cabeça duas depressões transversais e pronoto com forma retangular. Os ovos são depositados na sacaria, em fendas ou alimentos. Atacam todos os tipos de cereais moídos, como farelo, rações, farinhas, fubá e grãos quebrados ou já atacados por outras pragas (GALLO et al., 2002).

Para o cajueiro, a recomendação de controle é o tratamento de castanhas nos armazéns convencionais. No caso de sacarias ou fardos, deve-se cobrir cada bloco ou grupo de blocos com lona própria para expurgo. Sob a lona, colocar o produto em pequenas caixas de madeira ao redor dos blocos e vedar toda a beirada da lona com cobras de areia para evitar vazamento do gás (ANDREI, 2013).

Os produtos descritos na Tabela 2 registrados para controle da praga são os seguintes: Vaporph3os® Phosphine Fumigant, Fertox® e Gastoxin B57®, cuja dosagem se dá em g.m⁻³.

Tabela 2. Inseticidas registrados para controle de pragas da castanha-do-caju.

| Produto Comercial | Praga | Modo de ação | Princípio Ativo | Dosagem | Carência |
|-------------------------------|---|---|---------------------|---|----------|
| VAPORPH30® Phosphine Fumigant | Besouro-castanho (<i>Tribolium castaneum</i>) | Inseticida fumigante com ação sistêmico | Fosfina | 1-2g/m ³ | 4 dias |
| FERTOXY® | Besouro-castanho (<i>Tribolium castaneum</i>) | Inseticida fumigante | Fosfeto de alumínio | 10 comprimidos de 0,6 g/m ³ ; 2 pastilhas de 3 g/m ³ ; 1 sachet de 34 g/6,0 m ³ (aprox.) | 4 dias |
| GASTOXIN B57® | Besouro-castanho (<i>Tribolium castaneum</i>) | Inseticida fumigante | Fosfeto de alumínio | 2-3g/m ³ | |

Tabela 3. Fungicidas registrados no MAPA para o controle de doenças do cajueiro que apresentam ação acaricida.

| Produto Comercial | Praga | Modo de ação | Princípio Ativo | Dosagem | Carência |
|-------------------------|---|---|-----------------|------------------------------|----------------|
| DEFEND WDG® | Oídio-do-cajueiro (<i>Oidium anacardii</i>) | Fungicida / Acaricida com ação de contato | Enxofre | 500 a 600 g/100 L de água | Sem restrições |
| | Cinza-do-cajueiro (<i>Erysiphe polygoni</i>) | | | | |
| KUMULUS DF® | Oídio-do-cajueiro (<i>Oidium anacardii</i>) | Fungicida / Acaricida com ação de contato | Enxofre | 500 a 600 g/100 L de água | Sem restrições |
| | Cinza-do-cajueiro (<i>Erysiphe polygoni</i>) | | | | |
| MANCOZEB NORTOX® | Antracnose (<i>Colletotrichum gloesporioides</i>) | Fungicida / Acaricida protetor e de contato | Mancozebe | 260 a 350 g/100 L de água | 7 dias |
| MICROTHIOL DISPERSS WG® | Oídio-do-cajueiro (<i>Oidium anacardii</i>) | Fungicida / Acaricida com ação de contato | Enxofre | 25,0 - 37,5 mL/100 L de água | Sem restrições |
| | Cinza-do-cajueiro (<i>Erysiphe polygoni</i>) | | | | |

***Helicoverpa armigera*: Hubner, 1805 (Lepidoptera: Noctuidae)**

A espécie *H. armigera* teve a citação de sua primeira ocorrência no Brasil em 2013 em Goiás e na Bahia atacando soja, e no Mato Grosso como praga da cultura do algodoeiro. Antes, era considerada uma praga quarentenária. Além das culturas citadas, pode atacar ainda plantações de milho, feijão, sorgo e trigo, dentre outras (CZEPAK et al., 2013). Apesar dos inseticidas Proclaim 50® e Influx® (Tabela 1) estarem listados no Agrofitec como produtos registrados para o seu controle em cajueiro, a praga não está presente na lista dos inventários de artrópodes nocivos associados ao cajueiro por não ter registro confirmado de sua ocorrência na cultura (MELO; BLEICHER, 1998; OLIVEIRA, 2023).

Ácaro-das-flores: *Eriophyes rossettonis* Keifer, 1969 (Prostigmata: Eriophyidae)

Ácaros de corpo estreito, alongado e medindo 0,2 mm de comprimento (MELO; BLEICHER, 1998), são pragas de inflorescências, atacam sépalas, pétalas e pedúnculos florais, resultando na clorose dos órgãos. Dependendo da severidade do ataque, a clorose pode

avançar para um bronzeamento, lembrando a antracnose, e levar à morte de toda a inflorescência (MELO; BLEICHER, 1998; MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Para a cultura do cajueiro, o OMITE 720 EC® é o único acaricida registrado, com ação ovicida, larvicida e adulticida (Tabela 1).

Ácaro-rajado: *Tetranychus urticae* Kock, 1836 (Prostigmata: Tetranychidae)

O ácaro-rajado, *T. urticae*, geralmente situa-se na face abaxial das folhas das culturas que o hospeda, produzindo teias nas quais realiza a deposição de seus ovos. Como danos gerais que o ácaro causa, há o aparecimento de pontos cloróticos na face adaxial das folhas, que pode progredir para a necrose e queda das folhas, resultando na diminuição da taxa fotossintética da planta (RIBEIRO, 2019).

O Agrofit (2003) relata o ácaro como praga da cultura do cajueiro e registra o Minecto Pro® e o Fastmite® para seu controle, conforme indicado na Tabela 1. É importante ressaltar que possui um alto nível de resistência, fazendo-se necessária uma rotação dos produtos.

CONCLUSÕES

Atualmente, são 14 inseticidas, dois acaricidas e quatro fungicidas que também apresentam ação acaricida registrados pelo MAPA para o controle de pragas do cajueiro. Das 10 pragas com registro de defensivos, 9 delas ocorrem em condições de cultivo no campo e uma (*T. castaneum*) ocorre na etapa de pós-colheita; mas, especificamente, nas castanhas armazenadas.

Os produtos listados para controle das pragas do cajueiro possuem intervalo de segurança (período de carência) que varia de zero (sem restrição) a 28 dias, o que corresponde ao número de dias entre a última aplicação e a data de colheita ou comercialização do produto agrícola. Recomenda-se uma leitura atenta das instruções da bula e do rótulo do inseticida a ser usado, bem como a adoção de medidas de proteção, incluindo o uso obrigatório de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), que visam à segurança do aplicador e à proteção do meio ambiente.

Para o controle de ácaros no cajueiro, existem dois produtos registrados. Contudo, embora os fungicidas/acaricidas para uso na cultura do cajueiro não estejam registrados para

controle de ácaro na lista, ao serem utilizados para tratar de doenças fúngicas, suas dosagens agem indiretamente no combate ao aparecimento de ácaros na cultura.

Por fim, o uso conjunto de técnicas de monitoramento de pragas no campo, de medidas de controle cultural e biológico, e do uso consciente e adequado dos defensivos apresentados nesta relação, almeja o enriquecimento do manejo integrado de pragas para a cultura do cajueiro, por meio da acessibilidade à informação atualizada aos produtores, técnicos, engenheiros e às demais pessoas interessadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Analista da Embrapa Agroindústria Tropical José Cesamildo Cruz Magalhães pelas sugestões e pelo apoio na elaboração deste artigo.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. *Agrofit: Sistemas de agrotóxicos fitossanitários*. Brasília, DF, 2003. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 14 dez. 2023.
- ANDREI, E. (Coord.). *Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola*, 9. Ed. rer. atual. São Paulo: Andrei Editora, 2013. 1618 p.
- BRAINER, M. S. de C. P. Cajucultura. *Caderno Setorial Etene*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 7, n. 230, 19p, jun. 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1328/1/2022_CDS_230.pdf. Acesso em: 8 nov. 2023.
- CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; MARTINS, M. V. V. Doenças do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. de (Ed.). *Agronegócio caju: práticas e inovações*. Brasília, DF: Embrapa, p. 217-238, 2013.
- COMITÊ BRASILEIRO DE AÇÃO À RESISTÊNCIA A INSETICIDAS. *Irac*. Mogi Mirim, 2023. Disponível em: <https://www.illac-br.org/>. Acesso em: 18 dez. 2023.
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/NhNkn3X9Xb3hGxdXZnStsBP/?lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2023.
- FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. *Atlas dos Agrotóxicos: fatos e dados do uso dessas substâncias na agricultura*. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em:

<https://br.boell.org/sites/default/files/2023-12/atlas-do-agrotoxico-2023.pdf> . Acesso em: 19 dez. 2023.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. *Entomologia agrícola* 10.ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GARCIA, M. J. de M.; FISCHER, I. H.; LOURENÇÃO, A. L. *et al.* Ocorrência de mosca-branca em *Annona squamosa* no estado de São Paulo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 12, p. 2139-2141, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/R76CBPpgk9RX6Lcv8mkVQjrg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2023.

GOIANA, E.S.S.; DIAS-PINI, N.S.; VIDAL-NETO, F.C. *et al.* Dwarf cashew antibiotic and antixenotic resistance to the whitefly *Aleurodicus cocois*. *An Acad Bras Cienc*, Rio de Janeiro, v. 92, 8 p. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/HM7GFDP6Pc5bnj8r8WYYhHF/>. Acesso em: 15 de dez. 2023

LEI DE AGROTÓXICOS. LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=7802&ano=1989&ato=501MTR61EeFpWT452> . Acesso em: 19 dez. 2023.

MELO, Q. M. S.; BLEICHER, E. Identificação e Manejo das Principais Pragas. In: BLEICHER, E.; FREIRE, F. das C. O.; FURTADO, I. P. *et al.* *Caju: Fitossanidade*. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 1, p. 9-34.

MELO, Q. M. S.; BLEICHER, E. Pragas do Cajueiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. das C. O. (ed.). *Pragas de Fruteiras Tropicais de Importância Agroindustrial*. 1. ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. cap. 4, p. 54-80.

MESQUITA, A. L. M.; BRAGA SOBRINHO, R. Pragas do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. de (ed.). *Agronegócio Caju: Práticas e Inovações*. Brasília: Embrapa, 2013, p. 195-215.

MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, editora, 2008. 308 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7974642/mod_resource/content/1/Manual%20de%20Acarologia_%20Moraes%20%20Fletchman%202008%20pdf.pdf. Acesso em: 21 dez. 2023.

OLIVEIRA, E. M. C. *Espécies de Insecta Fitófagas Associadas ao Cajueiro*. 2023. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Agronomia) - Univesidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

PAULA PESSOA, P.F.A.; LEITE, L.A.S. Desempenho do agronegócio caju brasileiro. In: ARAÚJO, J.P.P. (Ed). *Agronegócio caju: práticas e inovações*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p.21-40.

PEREIRA, P. R. V da S. *Ocorrência do tripes-do- cacau Selenothrips rubrocinctus (Giard, 1901) (Thysanoptera: Thripidae) em cajueiros no estado de Roraima*. 1. ed. Boa Vista:

Embrapa Roraima, 2002. 5 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/690854/ocorrencia-do-tripes-do-cacaueiro-selenothrips-rubrocinctus-giard-1901-thysanoptera-thripidae-em-cajueiros-no-estado-de-roraima>. Acesso em: 15 dez. 2023.

RIBEIRO, E. B. *Aspectos Biológicos do Ácaro Rajado Tetranychus urticae koch, 1836 (Acari, Tetranychidae) Sob Aplicação de Silício em Amendoinzeiro e Morangueiro*. 2019. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2019. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/wp-content/uploads/2020/10/Tese-Edenilson-Batista-Ribeiro.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SOUZA, E. B. de. Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente - CSFI: Normativa e situação atual. Palestra. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 5., 2019, Curitiba. Desafios e avanços da fitossanidade: *anais*. São Paulo: UNESP, 2019.

Elaboração e avaliação físico-química e sensorial de geleia de maracujá com hortelã e cachaça

Autores:

Viviane Galdino dos Santos

*Técnica em Agroindústria,
Universidade Estadual da Paraíba
(UEPB), Lagoa Seca*

Vanderleia Galdino dos Santos

*Técnica em Agroindústria, UEPB,
Lagoa Seca*

Deise Souza de Castro

*Doutora em Engenharia Agrícola,
professora da UEPB, Lagoa Seca*

Dalmo Marcello de Brito Primo

*Doutora em Agronomia, professor da
UEPB, Lagoa Seca*

Janaina Mendonça Soares

*Doutora em Engenharia Agrícola,
professora da UEPB, Lagoa Seca*

Luana de Fátima Damasceno dos Santos

*Doutora em Engenharia Agrícola,
professora da UEPB, Lagoa Seca*

DOI: 10.58203/Licuri.22191

Como citar este capítulo:

SANTOS, Viviane Galdino *et al.* Elaboração e avaliação físico-química e sensorial de geleia de maracujá com hortelã e cachaça. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 122-129.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O apelo por produtos processados ricos em vitaminas, e de caráter funcional tem incentivado a indústria em buscar produtos mistos com novas formulações. O objetivo deste trabalho foi elaborar geleia de maracujá-amarelo com diferentes proporções de hortelã e cachaça, e avaliá-las suas características físico-químicas e sensoriais de forma a disponibilizar um novo produto aos consumidores. Foram elaboradas três formulações: Geleia de maracujá (1) com 1 % de hortelã e 2% de cachaça, Geleia de maracujá (2) com 2% de hortelã e 4% de cachaça, Geleia de maracujá (3) com 3% de hortelã e 6% de cachaça. Foram avaliadas: as análises físico-química (pH, acidez total, sólidos solúveis totais -SST, Teor de água) e teste de aceitação sensorial e intenção de compra. Os resultados das análises físico-químicas ficaram dentro do padrão de identidade e qualidade para geleias de frutas estabelecidas pela legislação federal. Na avaliação sensorial os atributos obtiveram nota acima da média (7,0) e intenção de compra acima do mínimo exigido, onde 92% dos provadores comprariam. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de média e desvio-padrão, embora a presença de hortelã e cachaça não seja comum em geleias, à combinação com maracujá agradou os provadores, apresentando um grande potencial para esse produto no mercado.

Palavras-chave: Aceitação sensorial. Inovação. Pectina.

INTRODUÇÃO

O mercado consumidor tem se interessado por alimentos práticos e saudáveis elaborados com diferentes matérias-primas, que contenham componentes benéficos à saúde e com o intuito de enriquecer a dieta, e assim incentivada a indústria em buscar produtos mistos com novas formulações.

A disponibilidade de frutos no Brasil, que ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produção de frutos (FAO, 2021), tem estimulado o desenvolvimento de novas formulações de alimentos pela combinação de diferentes matérias primas. A produção de geleia de frutas tem sido uma das mais utilizadas técnicas de conservar e utilizar diferentes combinações de ingredientes por ser um produto popular em todo o mundo devido aos seus aspectos sensoriais (COSTA et al., 2021).

De acordo com a Resolução n.º 272, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), as geleias são os produtos elaborados a partir de fruta(s), inteira(s) ou em parte(s), e/ou semente(s), obtidos por cocção e/ou concentração, e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos, podendo ser apresentados com ou sem líquido de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e/ou outro ingrediente, desde que não descaracterize o produto.

O maracujazeiro é uma fruteira muito cultivada e explorada de norte a sul do território brasileiro, apresenta grande importância econômica e social para o Brasil, destacando-se como maior produtor mundial (MOURA et al., 2019). Uma das características que predomina neste fruto é sua polpa ácida que proporciona um sabor intenso ao seu suco e derivados (GRECO, 2014).

A hortelã (*Mentha piperita*) é um híbrido entre *Mentha aquatica* e *Mentha spicata*. Trata-se de uma planta naturalizada, não originária do Brasil. Sua abrangência geográfica no Brasil atinge as regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste, Sul (FLORA DO BRASIL, 2018).

A cachaça é uma bebida destilada produzida exclusivamente no Brasil, obtida a partir da destilação do mosto fermentado do caldo da cana-de-açúcar (BRASIL, 2001). A sua produção é disseminada em todos os estados da federação, com destaque para os estados de Minas Gerais, Paraíba, Bahia e Rio de Janeiro, produtores de cachaça de alambique (OLIEIRA et al, 2022).

Observando a emergente preocupação dos consumidores com a praticidade e

saudabilidade dos produtos alimentícios, este estudo teve como objetivo elaborar geleia de maracujá-amarelo com diferentes proporções de hortelã e cachaça, e avaliar suas características físico-químicas e sensoriais.

METODOLOGIA

Este trabalho foi conduzido no complexo Agroindustrial da Escola Agrícola Assis Chateaubriand, da Universidade Estadual da Paraíba, campus II, Lagoa Seca. O maracujá e a hortelã foram adquiridos na região de Alagoa Nova - PB, já a cachaça foi adquirida na Universidade Estadual da Paraíba, campus II, Lagoa Seca.

Para o processamento da geleia, as frutas foram previamente selecionadas, os frutos inicialmente foram lavados em água corrente e colocados em solução clorada a 100 ppm por um período de 10 minutos. Após o período de sanitização, os frutos foram retirados da solução, enxaguados e colocados em bandejas para escoamento da água.

As geleias foram formuladas conforme Tabela 1; e submetidas à concentração. Inicialmente foi retirado o suco do maracujá, peneirado, misturado com açúcar, hortelã e pectina e submetida ao aquecimento, antes do ponto final da geleia a cachaça foi adicionada à mistura ainda no fogo até a obtenção da consistência de gel. A verificação do ponto final da geleia foi realizada com base no teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), utilizando refratômetro portátil, que segundo a legislação específica (BRASIL, 2005), deve ser de no mínimo 62%.

Tabela 1. Formulações da geleia de maracujá com hortelã e cachaça.

| Ingredientes | Formulação 1 (%) | Formulação 2 (%) | Formulação 3 (%) |
|--------------|------------------|------------------|------------------|
| Maracujá | 350 | 350 | 350 |
| Açúcar | 350 | 350 | 350 |
| Pectina | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Hortelã | 3,5 | 7,0 | 10,5 |
| Cachaça | 7,0 | 14 | 21,5 |

As determinações físico-químicas das geleias foram realizadas em triplicata para minimização de erros. O teor de água foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 ± 3 $^{\circ}$ C até a massa constante, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008). Para determinação de sólidos solúveis totais, foi utilizado um refratômetro, colocando-se uma gota das geleias, fazendo leitura direta em

° Brix.

O pH foi determinado pelo método potenciométrico em pHmetro, previamente calibrado seguindo a metodologia descrita por IAL (2008). A determinação da acidez total titulável, foi realizada por meio da titulação da amostra com solução de hidróxido de sódio à 0,1N, utilizando a fenolftaleína como indicador (IAL, 2008).

Antes da realização da análise sensorial, o projeto foi enviado para apreciação do comitê de ética em pesquisa (CEP) com seres humanos da Universidade Estadual da Paraíba quanto aos cuidados éticos para o consumo por seres humanos e obteve parecer de aprovação de número 5.516.049. A adesão dos avaliadores ao trabalho foi mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

A análise sensorial das geleias foi realizada por meio do teste de aceitação, de acordo com Reis e Minim (2013). Cada amostra foi testada por um grupo de 37 provadores não treinados, sendo 21 do sexo feminino e 16 do sexo masculino, com faixa etária entre 18 e 47 anos, que foram devidamente informados sobre o estudo e que aceitaram participar do teste de aceitação sensorial assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para avaliação da aceitabilidade, foi adotada escala hedônica não estruturada de nove pontos (1- desgostei muitíssimo, 2- desgostei muito, 3- desgostei moderadamente, 4- desgostei ligeiramente, 5- nem gostei e nem desgostei, 6- gostei ligeiramente, 7- gostei moderadamente, 8- gostei muito, 9- gostei muitíssimo) seguindo a metodologia de Dutcosky (2013). Paralelamente, os provadores foram questionados na mesma ficha quanto à intenção de compra do produto com escala de 5 pontos (1- certamente compraria, 2- provavelmente compraria, 3- tenho dúvidas se compraria, 4- provavelmente não compraria e 5- certamente não compraria).

Os resultados da caracterização físico-química e análise sensorial, foram analisados por estatística descritiva, utilizando-se de medida de tendência central (média) e variabilidade de dados (desvio-padrão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas das geleias de maracujá com hortelã e cachaça são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. As análises físico-químicas da geleia de maracujá com hortelã e cachaça.

| Parâmetro | F1 | F2 | F3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Teor de água (%) | 28,4±1,06 | 30,2±0,15 | 29,6±0,87 |
| Sólidos solúveis (SS) (° Brix) | 73,0±0,0 | 72,4±0,0 | 75,2±0,0 |
| pH | 2,94±0,01 | 2,99±0,01 | 2,99±0,01 |
| Acidez total titulável (% ácido cítrico) | 0,82±0,16 | 0,83±0,06 | 0,72±0,05 |

O teor de umidade das três formulações está dentro do permitido pela Resolução Normativa n° 12 de 1978, que estabelece o limite máximo de 38% p/p de umidade para geleias (BRASIL, 1978).

O valor dos sólidos solúveis (° BRIX) totais foram superiores ao recomendado pela legislação brasileira. Segundo Licodiedoff (2008), as geleias durante o processo de fabricação devem estar na faixa de 64 a 71 ° Brix, e acima de 71 ° Brix pode ocorrer à cristalização da geleia, no entanto todas as formulações da geleia de maracujá com hortelã e cachaça, não apresentaram alteração de qualidade no produto, mesmo com valores de sólidos solúveis acima de 71 ° Brix.

Os valores de pH encontrado neste trabalho (pH 2,94 - 2,99), apresenta-se dentro da faixa ideal, visto que, em valores abaixo de 4,0 não permitem o crescimento de alguns micro- organismos patogênicos, além de não necessitar de adição de acidulantes e refletindo um bom armazenamento, como pode ser visto em BRASIL (2001). Sabe-se que acidez em produtos processados deve ser controlada, principalmente em geleias e recomenda-se que a acidez total deve ultrapassar 0,8%, segundo Jackix (1988).

Os resultados da análise sensorial para os diferentes atributos da geleia de maracujá com hortelã e cachaça estão apresentados nas Figuras 1. Observou-se que a formulação 1 teve a maior média de aceitação, sendo atribuído pelos provadores, médias que corresponde a gostei muito. Esta maior aceitação da cor e aparência da formulação 1 pode estar associada a coloração mais amarelada apresentada nesta amostra.

O aroma da formulação 3 apresentou maior aceitação, o que pode estar associado a maior quantidade de cachaça. No entanto, a formulação 1 que apresentava menor concentração de cachaça, recebeu notas próximas a formulação 3, comportamento esse que pode ser associado aos provadores que não possuem o hábito de consumir cachaça.

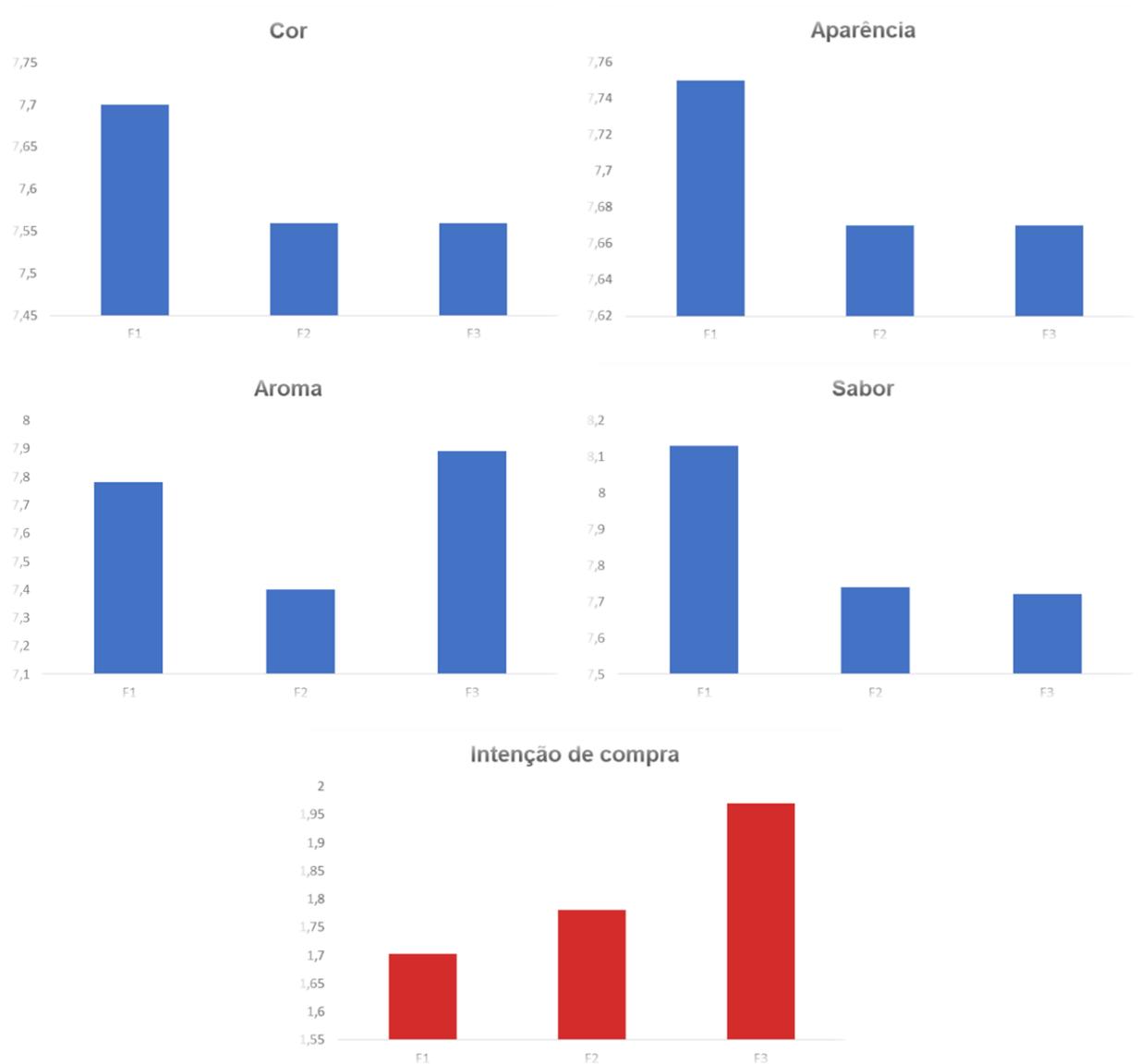


Figura 1. Resultados médios da avaliação sensorial, no atributo cor das amostras da geleia de maracujá com hortelã e cachaça.

No quesito sabor a formulação 1 teve a maior média de aceitação, ficando a formulação 2 muito próxima, o que demonstra a preferência dos consumidores pela geleia consabor mais presente do maracujá.

Os resultados do teste de Intenção de compra das três amostras de geleia de maracujá com hortelã e cachaça estão descritos na Figura 1. Percebeu-se que a formulação 2 que teve 2% de hortelã e 4% de cachaça, e a formulação 1 com 1% de hortelã e 2% de cachaça na sua composição foram os que apresentaram maior nota de aceitação de compra, apresentando valor médio de 1,70 e 1,78 respectivamente, que representa 1-provavelmente compraria. Já a geleia com 3% de hortelã e 6% de cachaça,

possuiu menores notas, apresentando média de 1,97 que de acordo com a escala hedônica representa provavelmente compraria.

CONCLUSÃO

As formulações feitas das geleias de maracujá com hortelã e cachaça apresentam características físico-químicas dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, portanto, estão adequados para o consumo.

As formulações de geleias 1 e 2, tiveram melhor aceitação sensorial nos quesitos de cor aparência e sabor, a formulação 3, obteve médias próximas às demais formulações, a sobressaindo no atributo aroma, no qual teve maior aceitação, e obteve as menores notas no atributo sabor, o que pode estar associado a maior presença da cachaça nesta formulação que a torna aromática, no entanto o sabor pode não ser tão apreciado por consumidores desacostumados a consumir a bebida.

No entanto, de acordo com os atributos sensoriais analisados, as geleias são produtos inovadores com características agradáveis e com grande aceitabilidade para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução Normativa nº 15, de 1978. Define termos sobre geléia de frutas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 4.062, de 21 de dezembro de 2001. Define as expressões “cachaça”, “Brasil” e “cachaça do Brasil” como indicações geográficas e dá outras providências. 2001

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília. Seção 1, pt I. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília. Seção 1, pt I. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

COSTA, R. C. N.; FERREIRA, N. L. B.; ANDRADE, R. O. Physicochemical and Microbiological Analysis of Passion Fruit and Cachaça Jelly Added from Albedo as a Source of Pectin, and Molasses as a Source of Sugar. *Journal of Culinary Science & Technology*, 2021.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4ª ed. Curitiba, Champagnat, 2013, 536p.

Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Production/Yield quantities of Rice, paddy in World. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.

GRECO, S.M.L. Caracterização físicoquímica e molecular de genótipos de maracujá azedo cultivados no Distrito Federal. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília, 2014. Tese (doutorado) - Universidade de Brasília - Brasília

IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos.2008.

JACKIX, M. H. Doces, geleias e frutas em calda. Campinas: Unicamp, 1988. (Série Tecnologia de Alimentos).

LICODIEDOFF, S. Influência do teor de pectina comerciais nas características físico-químicas e sensoriais da geleia de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) Dissertação de Mestrado UFPR- Curitiba, 2008, 119 f.

MOURA, H. V., DE VILELA SILVA, E. T., DE FIGUEIRÊDO, R. M. F., dos Santos Moreira, I., & de Melo Queiroz, A. J. Produção e caracterização de geleias de maracujá com sementes de linhaça marrom. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA*, 13(2), 218-229, 2019.

OLIVEIRA, R. E. S.; MOREIRA, R. T.; VILELA, A. F.; SASSI, K. K. B.; PAIVA, J. E.; PIRES, E. F.; VIANA, A. D.; COUTINHO, E. P. Diagnóstico técnico e gerencial de empresas produtoras de cachaça no estado da Paraíba. *Brazilian Journal of Development*, v.8, n.3, p.20146-20162,2022.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). *Análise sensorial - estudos com consumidores*. 3 ed. atualizada e ampliada. Viçosa: Editora UFV, cap. 3, p. 65-81, 2013.

Características físico-químicas dos sais de prata oriundos de soluções fixadoras e filmes radiográficos usados em radiologia

Autores:

Ilan Hudson Gomes de Santana

Graduando em Odontologia pela Universidade Federal da Paraíba

Mayara Rebeca Martins Viana

Cirurgião-dentista pelo Centro Universitário de João Pessoa- UNIPÊ

Wellington Bruno Alves de Souza

Graduanda em Odontologia pela Universidade Federal da Paraíba

Lívia Silva Galiza

Graduanda em Odontologia pela Universidade Federal da Paraíba

Marcelo Augusto Oliveira de Sales

Professor da disciplina Radiologia Odontológica da Universidade Federal da Paraíba

Patricia de Medeiros Loureiro Lopes

Professora da disciplina Radiologia Odontológica da Universidade Federal da Paraíba, professora da UEPB, Lagoa Seca

DOI: 10.58203/Licuri.22192

Como citar este capítulo:

SANTANA, Ilan Hudson Gomes *et al.* Características físico-químicas dos sais de prata oriundos de soluções fixadoras e filmes radiográficos usados em radiologia. In: Jaily Kerller Batista (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 130-140.

ISBN: 978-65-85562-21-8

Resumo

O advento dos raios X revolucionou a era moderna após a observação de sua capacidade quanto à sensibilização de placas fotográficas. O avanço das tecnologias diagnósticas foi contínuo, permitindo que suas aplicações fossem amplamente difundidas. Entretanto, a geração de detritos sólidos decorrentes do processamento convencional dos raios X representa um grande desafio ambiental. Logo, o objetivo do presente trabalho é abordar as possíveis aplicações do precipitado de prata oriundo das soluções fixadoras na indústria metalúrgica. Esse estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura. Para a seleção dos artigos, fez-se uma busca na base de dados PubMed. Para realizar a pesquisa na base de dados, utilizou-se os descritores indexados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeSC/MeSH). Os critérios de inclusão abrangeram artigos em português ou inglês, publicados no PubMed, sem restrição de período de tempo. Também se usou o vocabulário não controlado. Ao todo, foram selecionados 03 (três) estudos, publicados no período de 2005 a 2021. Dentre os trabalhos selecionados, há informações sobre o reaproveitamento da prata para aplicação na indústria, no qual é um produto promissor, que pode ser recuperado e reintegrado à indústria de forma vantajosa. Além disso, também há relevância nas características físico-químicas da prata proveniente do processamento radiográfico. O reaproveitamento da prata advinda do processamento radiográfico apresenta-se como de grande valia para a reaplicação industrial, seu reuso é um processo com grande potencial para diminuir os impactos ambientais, ocasionados no processo de beneficiamento desse mineral.

Palavras-chave: Prata, Radiologia, Odontologia, Raio X e Radiografia.

INTRODUÇÃO

No período de 1895 a 1897, o advento dos raios X revolucionou a era da física moderna. Tal descoberta suscitou o interesse de diversos cientistas, entre eles Wilhelm Conrad Röntgen que foi pioneiro no desenvolvimento da técnica, pois, observou a capacidade dos raios X sensibilizarem uma placa fotográfica. Atualmente, as propriedades dos raios X constatadas por Röntgen ainda são aceitas. Sabe-se que os raios X são invisíveis e induzem a fluorescência em substâncias específicas, além disso, eles se propagam em trajetória linear, similar à luz, e deixam impressões em chapas fotográficas, nunca sendo refletidos, refratados ou desviados por um campo eletromagnético em testes experimentais. Esta característica os diferencia dos raios catódicos, que podem ser desviados por tal campo (FENYO-PEREIRA ET AL., 2021; PACHECO; FREITAS-REIS, 2023).

Nesse sentido, por meio da excelente capacidade de penetração dos raios X, foi possível obter avanços significativos quanto ao progresso em tecnologias de radiografias diagnósticas para o auxílio do exercício profissional no contexto da área da saúde. Através das informações captadas em decorrência das propriedades apresentadas desse tipo de radiação, suas aplicações foram amplamente difundidas não só na orientação para aplicações médicas, mas também para outros propósitos, como por exemplo no âmbito industrial e de segurança. No campo da odontologia não foi diferente, o desenvolvimento proporcionado pela descoberta dos raios X permitiu que os dentistas pudessem concluir diagnósticos com mais precisão, minimizando os possíveis erros e assegurando de maneira satisfatória a segurança do paciente (OU ET AL., 2021; KONERU ET AL., 2014).

No entanto, a geração de subprodutos decorrentes do processamento (revelador, fixador e água de lavagem dos filmes radiográficos) resulta na produção de detritos sólidos, que incluem os elementos do filme radiográfico (filme, película de chumbo, papel preto e envelope plástico). Esses resíduos apresentam desafios ambientais, pois contêm compostos orgânicos e inorgânicos prejudiciais ao meio ambiente quando descartados de maneira inadequada (AMARAL ET AL., 2020).

Sendo assim, a técnica convencional para que uma radiografia seja realizada compreende a exposição dos filmes radiográficos aos raios X. Em seguida, o processamento envolve etapas essenciais para o êxito na obtenção da imagem radiográfica, sendo elas: revelação da imagem, lavagem, fixação e a finalização lavando e secando. Nessa perspectiva, os reveladores normalmente usados possuem um baixo teor de prata e possuem um alto pH, aproximadamente de 10. Em relação às soluções fixadoras, estas

desempenham um papel fundamental no processamento convencional da radiografia, visto que, removem cerca de 35-45% dos compostos de haleto de prata que não foram revelados na emulsão do filme. A composição do fixador baseia-se em uma alta concentração de níveis de prata (KONERU ET. AL., 2014).

Diante da importância de se diminuir impactos ambientais, visto que, a questão não é apenas a geração de resíduos, mas sim a destinação final associada à capacidade de tratamento dos mesmos, o objetivo do presente trabalho é abordar as possíveis aplicações do precipitado de prata oriundo das soluções fixadoras na indústria metalúrgica, entre outras. Tal abordagem é relevante, principalmente para países em desenvolvimento como o Brasil, onde há uma necessidade de recursos financeiros e tecnológicos para gerenciamento desses resíduos.

METODOLOGIA

A metodologia empregada nesta pesquisa é uma revisão integrativa da literatura, que abrange diversas etapas para investigar o tema em questão (COSLOP ET AL., 2022). Dessa forma, não foi necessária a sua submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa. Inicialmente, delineamos nossa problemática a partir da seguinte pergunta norteadora: "Quais são as características físico-químicas dos sais de prata presentes nas soluções fixadoras e nos filmes radiográficos usados em radiologia?"

Para a seleção dos artigos, realizamos uma busca na base de dados PubMed, considerando também outros artigos relacionados ao tema que foram encontrados em buscas manuais. Para realizar a pesquisa na base de dados, utilizamos os descritores indexados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeSC/MeSH), tanto em português quanto em inglês, sendo eles: "Radiologia" (Radiology), "Compostos de Prata" (Silver Compounds), "Filme para Raios X" (X-Ray Film) e "Fixadores" (Fixatives).

Nossos critérios de inclusão abrangeram artigos em português ou inglês, publicados no PubMed, sem restrição de período de tempo, a fim de abranger o maior número possível de artigos pertinentes. Priorizamos artigos que disponibilizaram resumos e que respondiam diretamente à nossa pergunta norteadora. Excluímos dessa pesquisa os estudos no formato de dissertações e teses, livros, editoriais, notas prévias, relatos de experiências, artigos que não estavam alinhados com a proposta deste estudo, resumos publicados em anais de eventos e manuais. A estratégia englobou também o vocabulário não controlado, que seria a utilização de palavras de texto, sinônimos, siglas, termos

relacionados, palavras-chave e variações de grafia. Isto garantiu uma recuperação de artigos mais antigos. Estes termos representam sinônimos, indexações prévias ou derivações do assunto, que contribuiu para a sensibilização da estratégia. Os termos seguintes foram escolhidos, e utilizados na estratégia de pesquisa: ((Description[All Fields] AND ("silver compounds"[MeSH Terms] OR ("silver"[All Fields] AND "compounds"[All Fields]) OR "silver compounds"[All Fields]) AND ("silver"[MeSH Terms] OR "silver"[All Fields]) AND ("silver"[MeSH Terms] OR "silver"[All Fields]) AND precipitates[All Fields])) AND ("radiology"[MeSH Terms] OR "radiology"[All Fields] OR "radiography"[MeSH Terms] OR "radiography"[All Fields]) OR ("x-ray film"[MeSH Terms] OR ("x-ray"[All Fields] AND "film"[All Fields]) OR "x-ray film"[All Fields] OR "x ray film"[All Fields])) AND ("fixatives"[All Fields] OR "fixatives"[MeSH Terms] OR "fixatives"[All Fields])).

A partir dessa estratégia de busca, foram consultados 121 trabalhos na íntegra; sendo 118 foram excluídos, pois não se encaixaram nos critérios de inclusão, 3 trabalhos foram selecionados após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

O processo de seleção dos artigos começou com uma leitura inicial dos títulos de todas as publicações identificadas. Em seguida, foram lidos os resumos dos artigos que estavam alinhados com o escopo do estudo. Com base nessa avaliação, foram escolhidos os artigos que se alinhavam com nosso estudo e que desempenharam um papel significativo na composição final deste trabalho. O fluxo de seleção dos artigos pode ser visualizado no fluxograma apresentado na Figura 1.



Figura 1. Delimitação das etapas desta pesquisa

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 03 (três) estudos (Tabela 1), publicados no período de 2005 a 2021, os quais foram escritos e publicados nas línguas portuguesa e inglesa.

Tabela 1. Autores e principais resultados para as características físico-químicas dos precipitados de prata.

| Artigo | Características físico-químicas dos precipitados de prata utilizado |
|---|---|
| Autoria: Vieira, De Jesus & Monnerat (2021) | |
| <p>Título: Silver radiography extraction through the hydrometallurgical process: a partnership between metallurgy and reverse logistics.</p> <p>Objetivo: Obtenção de prata a partir de radiografias tradicionais utilizando um processo hidrometalúrgico que utiliza insumos e reagentes facilmente disponíveis e de baixo custo, com uma análise da previsão técnica e econômica do método.</p> <p>País: Brasil</p> | <p>Radiografias convencionais contêm uma base de poliéster com uma emulsão que inclui brometo e iodeto de prata. Isso as torna uma fonte secundária de obtenção de prata, e ao incorporá-las no processo de recuperação via processo hidrometalúrgico, estamos contribuindo para a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais desse metal</p> |
| Autoria: Koneru, Mahajan & Mahalakshmi (2014) | |
| <p>Título: Management of Dental Radiographic Waste: A Review.</p> <p>Objetivo: Abordar o impacto ambiental dos resíduos radiográficos odontológicos e descrever medidas que podem ser tomadas pelos dentistas e suas equipes para reduzir a produção de resíduos potencialmente nocivos.</p> <p>País: Índia</p> | <p>As soluções reveladoras utilizadas no processo possuem um baixo teor de prata, geralmente abaixo do limite regulatório de 5 mg/l de prata, e apresentam alto teor alcalino, com um pH em torno de 10. Por outro lado, as soluções fixadoras eliminam cerca de 35-45% dos compostos de haleto de prata que não foram revelados. O fixador contém níveis elevados de prata, principalmente na forma de complexos de tiosulfato de prata altamente estáveis, com baixas constantes de dissociação. Isso resulta em impactos ambientais mínimos relacionados à prata nas soluções fixadoras.</p> |
| Autoria: Fernandes et. al., (2005) | |
| <p>Título: Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia.</p> <p>Objetivo: Realizar uma avaliação da manipulação e da disposição final dos resíduos, resultando na elaboração de um modelo de gestão para serviços de radiodiagnóstico.</p> <p>País: Brasil</p> | <p>Após analisar os componentes dos efluentes (revelador, fixador e água de lavagem), foi constatado que os teores de prata variam de 3,5 a 10,2 g/l. Essa prata é recuperada a partir da precipitação na solução fixadora que é usada nas radiografias.</p> |

As pesquisas incluídas abordam as características físico-químicas dos sais de prata presentes nas soluções fixadoras e nos filmes radiográficos usados em radiologia.

Para facilitar a compreensão das pesquisas incluídas neste estudo, os autores optaram por dividir os resultados em dois tópicos distintos. O primeiro tópico aborda o reaproveitamento da prata para aplicação na indústria, os sais de prata oriundos dos processamentos radiográficos é um produto promissor, que pode ser recuperado e reintegrado à indústria de forma vantajosa. Enquanto isso, o segundo tópico concentra-se nas características físico-químicas da prata proveniente do processamento radiográfico. Essa divisão tem o propósito de analisar quais temas relacionados a esta pesquisa estão sendo abordados na literatura, com relação aos termos investigados neste trabalho de revisão. Isso permite uma organização mais clara e uma análise mais aprofundada das descobertas e tendências relacionadas à prata e seu potencial na indústria, bem como suas propriedades físico-químicas quando proveniente de processos radiográficos.

Reaproveitamento da prata para aplicação na indústria

A prata está presente desde os primórdios das civilizações humanas, seu uso e consumo tiveram um aumento progressivo, principalmente com o desenvolvimento de aparelhos eletroeletrônicos [9 e 10]. Esse metal apresenta-se em quantidades restritas na crosta terrestre e pode ser encontrada geralmente associada a minérios de ouro (Au), cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn) (PORTELINHA, ET AL., 2021).

Devido à ampla utilização da prata em várias indústrias, incluindo a fotográfica, radiográfica e elétrica, e por seu um recurso natural não renovável, a tendência é que sua disponibilidade diminua progressivamente. Isso torna essencial o desenvolvimento de tecnologias e processos de recuperação de prata, visando à conservação desse recurso precioso (BAHAR ET AL., 2023).

Segundo Bahar *et al.* (2023), o processo hidrometalúrgico apresenta-se como uma técnica eficiente, barata e ecologicamente correta para a recuperação da prata proveniente de filmes radiográficos, visto que não são necessários processos como oxidação, queima e eletrólise para a realização desse método. Esse processo usa, principalmente, da precipitação química para a recuperação desse elemento químico e consegue um nível de pureza da prata recuperada de até 99,8%, em experimentos realizados em um mesmo frasco, comprovando a eficiência da técnica frente a outros métodos (KUMAR, 2020).

Além de ser um método simples, o processo hidrometalúrgico mostra-se inovador por reduzir em muito a emissão de poluentes e obter um lucro significativo. Isso é particularmente relevante em conformidade com a Resolução nº 358/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que classifica os efluentes de processos de imagem, como os efluentes radiográficos, como pertencentes ao grupo B. Essa classificação é atribuída devido à presença de substâncias químicas que apresentam potencial risco para a saúde pública e o meio ambiente, dependendo de suas propriedades, como inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Consequentemente, de acordo com o artigo 21 da mesma Resolução, os resíduos do grupo B, quando não são submetidos a processos de reutilização, recuperação ou reciclagem, devem passar por tratamento e serem dispostos adequadamente, enfatizando a importância de abordagens inovadoras como o processo hidrometalúrgico na redução desses impactos ambientais (CALHEIROS, 2019; (CASTRO ET AL., 2021).

Características físico-químicas da prata proveniente do processamento radiográfico

A prata, de símbolo químico "Ag" derivado da palavra latina "argentum", é um elemento químico que pertence ao grupo dos metais de transição na Tabela Periódica. Possui várias características notáveis que o tornam um material valioso em várias aplicações industriais e de consumo. Ela é conhecida por sua cor brilhante e metal cinza, o que a torna esteticamente atraente. Além disso, é altamente dúctil e maleável, o que significa que pode ser facilmente moldada em fios finos ou folhas muito finas. Sua massa atômica é de aproximadamente 107,88 g/mol, e ela é um excelente condutor de eletricidade e calor. Tem um ponto de fusão relativamente alto, em torno de 960°C, e um ponto de ebulição de aproximadamente 2.212°C, o que a torna adequada para várias aplicações de alta temperatura.

Ocorre associada a minerais de sulfeto, como argentita (Ag₂S), cerargirita (AgCl), e outros minérios de metais como o chumbo, o zinco, o cobre, o níquel e o estanho. É amplamente utilizada em eletrônica, como contatos elétricos, espelhos, filmes fotográficos, painéis solares e na indústria de catalisadores (SOUZA ET AL., 2013; (MOSER ET AL., 2013).

Um aspecto interessante da prata é sua ação antibacteriana. Íons de prata têm propriedades antimicrobianas e são utilizados em diversos produtos, como curativos,

utensílios de cozinha, e até mesmo em roupas e calçados esportivos para prevenir o crescimento de bactérias e odores indesejados. Dada a crescente demanda e o seu valor, a reciclagem de prata é uma prática importante.

A prata é utilizada em muitos processos industriais, sendo usada a técnica adequada, possui a vantagem de poder ser recuperada e reutilizada. Essa prática não apenas ajuda a reduzir a dependência da mineração, mas também contribui para minimizar o impacto ambiental. No Brasil, a produção é relativamente pequena e, em grande parte, é obtida como subproduto do beneficiamento do ouro ou por meio de reciclagem de produtos que tenham a prata na composição. Os principais setores responsáveis pelo consumo deste elemento químico e seus compostos no Brasil incluem as indústrias fotográfica, radiográfica, de produtos odontológicos, de joalheria e de peças decorativas. Essas indústrias valorizam a prata devido às suas características físicas e químicas excepcionais, bem como ao seu apelo estético. A reciclagem da prata desempenha um papel fundamental na economia e na sustentabilidade ambiental, garantindo que esse recurso valioso seja aproveitado de forma eficiente e responsável (SOUZA ET AL., 2013).

Em seu estudo, Koneru, Mahajan & Mahalakshmi (2014) apontam que o fixador utilizado contém concentrações significativas de prata, predominantemente na forma de complexos de tiosulfato de prata altamente estáveis, que possuem baixas constantes de dissociação. Essa característica é vantajosa do ponto de vista ambiental, uma vez que resulta em impactos mínimos relacionados à prata nas soluções fixadoras. Isso significa que a prata permanece retida de forma eficaz na solução fixadora, reduzindo o potencial de contaminação ambiental.

Com o intuito de viabilizar o aproveitamento dos sais de prata oriundos do processamento radiográfico, Fernandes *et. al.*, (2005) afirma que após uma análise dos componentes dos efluentes, que incluem o revelador, o fixador e a água de lavagem, foi observado que os teores de prata variam significativamente, oscilando entre 3,5 e 10,2 gramas por litro (g/l). Além disso, o mesmo autor sugere que uma rota de recuperação desse metal precioso pode ocorrer por meio da precipitação na solução fixadora usada durante os processos de radiografia. Esse procedimento permite a extração eficaz da prata, contribuindo para sua reutilização e reduzindo o impacto ambiental associado à sua produção, tornando o processo mais ecologicamente sustentável.

Vieira, De Jesus & Monnerat (2021) reforçam que um outro produto que pode ser

utilizado para a recuperação da prata são os filmes radiográficos convencionais compostos por uma base de poliéster que contém uma emulsão contendo brometo e iodeto de prata. Essa característica faz delas uma fonte secundária valiosa para a obtenção de prata. E, ao incorporá-las em um processo de recuperação por meio da hidrometalurgia, estamos não apenas recuperando esse metal precioso, mas também contribuindo significativamente para a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais associados à prata. Essa prática demonstra um compromisso com a sustentabilidade e a utilização responsável dos recursos naturais não renováveis.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, o reaproveitamento da prata advinda do processamento radiográfico apresenta-se como de grande valia para a reaplicação industrial, pelas suas amplas características físico-químicas, bem como, principalmente, pela diminuição do impacto ambiental causado pela mineralogia, favorecendo consideravelmente para a preservação ambiental. Além disso, o reaproveitamento é de suma importância para a economia. O processo hidrometalúrgico apresentou-se como uma técnica eficiente e ecologicamente correta para o reuso da prata, recuperando esse elemento químico em um nível de pureza de até 99,8%, além de diminuir a emissão de poluentes.

Portanto, o reuso da prata é um processo com grande potencial para diminuir as consequências ambientais presentes na obtenção desse metal não-renovável que se encontra em quantidades restritas na crosta terrestre.

Uma limitação encontrada para realizar o presente estudo foi a escassez de estudos primários acerca da temática, o que evidencia a necessidade de se abordar o assunto utilizando diferentes metodologias, para aprofundar o conhecimento e embasar pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

FENYO-PEREIRA M, et al. Radiologia odontológica e imaginologia. São Paulo: Santos; 2021.

PACHECO LL, FREITAS-REIS I. Principais Contribuições responsáveis pela descoberta dos raios X: a estirpe coletiva da ciência. Rev Bras Ensino Fís. 2023;45:e20230016.

OU X, et al. Recent development in x-ray imaging technology: Future and challenges. Research. 2021;2021.

KONERU J, MAHAJAN N, MAHALAKSHMI M. MANAGEMENT OF DENTAL RADIOGRAPHIC WASTE: A REVIEW. *Int J Med Dent*. 2014;18(3).

AMARAL DC, et al. Impacto ambiental sustentável com a implantação do protocolo do fluxo digital na redução dos resíduos na Clínica Odontológica. *Rev Odontol Brasil Central*. 2020;29(88).

COSLOP S, et al. Estrutura e atividades dos Núcleos de Segurança do Paciente em hospitais: uma revisão integrativa. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*. 2022;10(1):55-63.

FERNANDES GS, et al. Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia. *Radiol Bras*. 2005;38:355-358.

SYED, Sabir. A critical review on the recovery of silver from photographic processing waste. *J. Saudi Chem. Soc*, v. 9, p. 243-252, 2005.

VATS, M. C.; SINGH, S. K. Assessment of gold and silver in assorted mobile phone printed circuit boards (PCBs). *Waste Management*, v. 45, p. 280-288, 2015.

CHOI C, CUI Y. Recovery of silver from wastewater coupled with power generation using a microbial fuel cell. *Bioresour Technol*. 2012 Mar;107:522-5. doi: 10.1016/j.biortech.2011.12.058. Epub 2011 Dec 16. PMID: 22217729.

PORTELINHA MK, et al. Interlaces among health, sustainability and environment: an integrative review/Entrelaces entre a saúde, sustentabilidade e meio ambiente: uma revisão integrativa. *Rev Pesq Cuidado é Fundam Online*. 2021;13:1001-1006.

BAHAR SS, et al. Silver Recovery Method from Radiographic and X-Ray Film Waste-A Review. *Tex J Multidiscip Stud*. 2023;23:10-18.

NAKIBOĞLU N, TOSCALI D, NISLI G. A novel silver recovery method from waste photographic films with NaOH stripping. *Turk J Chem*. 2003;27(1):127-133.

KUMAR P, et al. Silver Recovery from X-Ray Film Waste: A Review. *IJRASET*. 2020;8:1288-1292.

CALHEIROS WR. Desenvolvimento de um equipamento para retirada de prata como tratamento dos efluentes de serviços de radiologia no Distrito Federal e Entorno. 2019.

CASTRO Vieira P, de Jesus FN, Monnerat CS. Extração da prata de radiografias via processo hidrometalúrgico: uma parceria entre a metalurgia e a logística reversa. *Braz J Dev*. 2021;7(5):49629-49649.

SOUZA GD, et al. Prata: breve histórico, propriedades e aplicações. *Educ Quím.* 2013;24(1):14-16.

MOSER H, PEREIRA RR, PEREIRA MJL. Evolução dos curativos de prata no tratamento de queimaduras de espessura parcial. *Rev Bras Queimaduras.* 2013;12(2):60-67.