

CIÊNCIAS RURAIS EM FOCO

VOLUME 9



ORGANIZADOR

EZEQUIEL REDIN



Editora Poisson

1º
Edição
2022

Ezequiel Redin
(Organizador)

Ciências Rurais em Foco

Volume 9

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2023

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciências Rurais em Foco - Volume 9
Organização: Ezequiel Redin - Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2023

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-296-9

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Agricultura 2. Meio Ambiente 3. Zootecnia 4. Ciências Agrárias I. REDIN, Ezequiel II. Título.

CDD-630

Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Caracterização de anos secos e úmidos para mesorregião Leste Maranhense 06

Eduardo Silva dos Santos, Leosvânyo de Jesus Costa Ramos, Plínio Antonio Guerra Filho, Daiane Fossatti Dall'Oglio, Mirelly Meres Silva Souza, Carlos Augusto Maciel Silva, Adriana Costa Ferreira, Bruna da Silva Brito Ribeiro

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.01

Capítulo 2: A produção de alimentos no Pampa Gaúcho: O caso da família Braz no município de Santana do Livramento/RS 13

Mitali Daian Alves Maciel, Alessandra Troian

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.02

Capítulo 3: A juventude rural e as questões do êxodo rural: Uma breve revisão 30

Thiago da Silva Florêncio, Osmar Luis Silva Vasconcelos, Joab Magalhães Quirino, Itaan de Jesus Pastor Santos

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.03

Capítulo 4: A importância do médico veterinário na saúde pública: Uma revisão de literatura 42

Dhiogo Raphael Aguiar Barreto, Urias Fagner Santos Nascimento, Amanda de Jesus Fonseca, Weslla Fernanda dos Santos Aguiar, Pryanka Thuyra Nascimento Fontes, Leonardo Carvalho Goes

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.04

Capítulo 5: Prevalência de infecções por nematóides gastrointestinais em caprinos do setor familiar em Moçambique 54

Alsácia Atanásio-Nhacumbe, Carlos Francisco Siteo

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.05

Capítulo 6: Uma abordagem sobre a avaliação e preservação do sêmen de zangões de abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) 68

Lucas da Silva Morais, Edgar Rodrigues de Araujo Neto, Hérica Girlane Tertulino Domingos, Leandro Alves da Silva, Andreia Maria da Silva, Ana Flávia Santos da Cunha, Nailton Oliveira de Sousa Chagas, Kátia Peres Gramacho

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.06

Capítulo 7: Morfometria de asa como aliada na conservação das abelhas africanizadas do Brasil 79

Edgar Rodrigues de Araujo Neto, Lucas da Silva Morais, Hérica Girlane Tertulino Domingos, Leandro Alves da Silva, Nailton Oliveira de Sousa Chagas, Tuanny Daniele de Araujo Gomes, Débora Andrea Evangelista Façanha, Kátia Peres Gramacho

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Crescimento de mudas de maracujazeiro azedo em substrato à base de pó de coco suplementado com farelo de trigo..... 86

Igor Victor de Santana-Santos, David Patrick Almeida Correia, Michele Santos de Jesus, Regina Helena Marino

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.08

Capítulo 9: Crescimento de tomateiro IPA06 colonizado por fungos micorrízicos arbusculares. 98

Pedro Rabelo de Oliveira, Johny de Jesus Mendonça, Jéssica Silva Santos, Regina Helena Marino

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.09

Capítulo 10: Inibição do crescimento micelial de *Alternaria* sp. por isolados de *Pleurotus* sp..... 114

Michele Santos de Jesus, David Patrick Almeida Correia, Regina Helena Marino

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.10

Capítulo 11: Biorremediação de detergentes por fungos comestíveis: Revisão de literatura..... 126

David Patrick Almeida Correia, Michele Santos de Jesus, Leonel Bismarck Belo Pereira, Regina Helena Marino

DOI: 10.36229/978-65-5866-296-9.CAP.11

Autores..... 140

Capítulo 1

Caracterização de anos secos e úmidos para mesorregião Leste Maranhense

Eduardo Silva dos Santos

Leosvânnyo de Jesus Costa Ramos

Plínio Antonio Guerra Filho

Daiane Fossatti Dall'Oglio

Mirelly Meres Silva Souza

Carlos Augusto Maciel Silva

Adriana Costa Ferreira

Bruna da Silva Brito Ribeiro

Resumo: Uma das formas de analisar a precipitação pluvial de determinada região é através de Índices de Anomalia de Chuva (IAC). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar o IAC em três municípios (Chapadinha, Caxias e Colinas) de uma mesma mesorregião do Estado do Maranhão, evidenciando os anos de seca e chuva. Os dados de precipitação pluvial das séries históricas foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dentre os municípios analisados, Chapadinha foi o mais chuvoso, reflexo da precipitação média anual de 1614,3 mm, seguidos por Caxias (1455,6 mm) e Colinas (1213,1). Chapadinha e Colinas apresentou uma semelhança na ocorrência de anos úmidos e secos. Verifica-se para anos úmidos um percentual de 51,16 % (22 anos) e 48,84 % (21 anos) e anos secos 48,84 % (21 anos) e 51,16 % (22 anos) para os municípios de Chapadinha e Colinas, respectivamente. No entanto, o município de Caxias apresenta o maior período seco com 58,14 % (25 anos) e menor período úmido com 41,86 % (18 anos) da série de precipitação pluvial estudada.

Palavras-chave: climatologia, mudanças climáticas, precipitação pluviométrica.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um elemento meteorológico que exhibe uma enorme variação no tempo e no espaço (Araújo et al., 2007; Santos et al., 2015; Alves et al., 2016), sendo influenciadas diretamente pela posição geográfica do local, pelo relevo e também pelas demais variáveis meteorológicas (Gomes et al., 2021, Brito et al., 2022). Todas essas associações são influências sofridas pela precipitação pluviométrica, que remetem a importância de estudos que fundamentaram as tomadas de decisões, especialmente no planejamento agrícola de uma localidade.

Uma das formas de avaliar a variabilidade temporal das chuvas é por meio de Índices que ajudam a monitorar anos de seca e chuva excessiva. O Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) tem sido utilizado com muita eficiência nesse sentido (Lima et al., 2019; Santos et al., 2023), pois além de ser de fácil aplicabilidade, requerendo apenas dados pluviométricos, é também bastante preciso se comparado a outros índices (Freitas, 2005; Da Silva, 2009).

Santos et al., (2023) aplicando a metodologia do IAC para o município de Mata Roma, pertencente a Mesorregião Leste Maranhense, após análise de uma série de 31 anos de dados de chuva, constataram ocorrência de 14 anos úmidos e 17 anos secos. Ainda esses mesmos autores, verificaram que em anos com ocorrência de períodos muito secos podem acarretar em média uma perda de produtividade da cultura da soja em torno de 68%. Mas, a fortes evidências de que em anos considerados como seco a produtividade alcança valor próximo à média da região ($2.622,2 \text{ kg ha}^{-1}$).

Marcuzzo e Goularte (2012) empregaram o IAC para apresentar um estudo da variação temporal quantitativa da precipitação pluviométrica do Estado do Tocantins, utilizando dados de 43 estações pluviométricas, com uma série de 30 anos, concluíram que a distribuição pluviométrica no Estado do Tocantins apresenta uma grande variação nos índices interanuais precipitados em cada mês.

Dada à importância das alterações das mudanças climáticas e da necessidade de melhor conhecer e interpretar as escalas temporais da variabilidade pluviométrica, esse trabalho se propõe a investigar através dos Índices de Anomalia de Chuva (IAC), as séries temporais de três municípios de uma mesma Mesorregião geográfica do Estado do Maranhão.

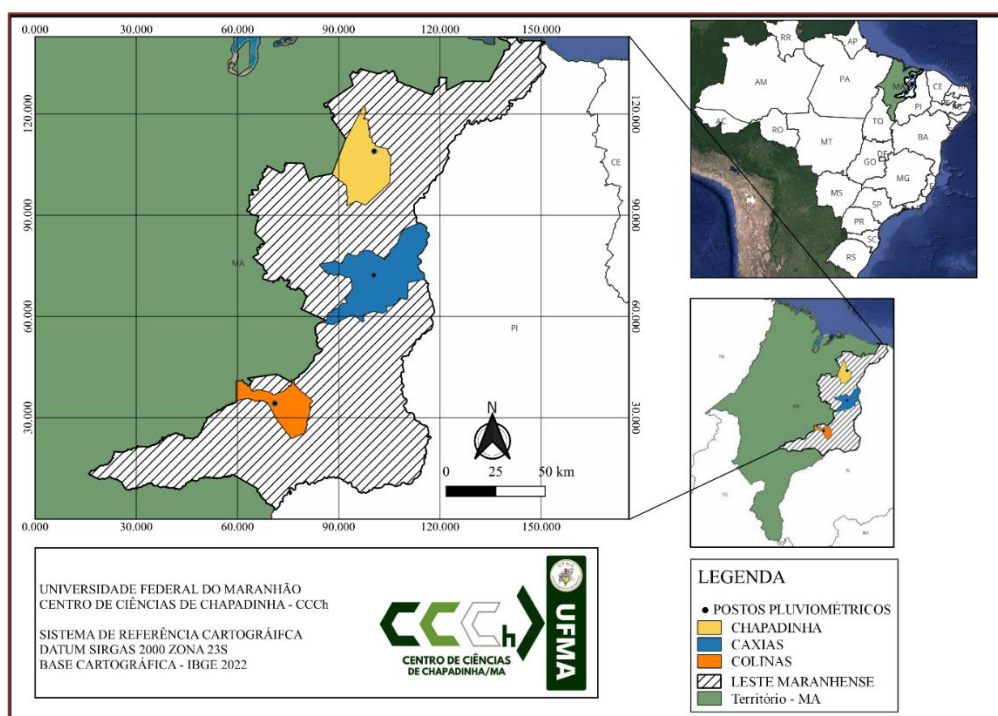
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO E DADOS METEOROLÓGICOS

As áreas de estudo foram as microrregiões de Chapadinha, Caxias e Colinas, ambas localizadas na mesorregião Leste Maranhense (Figura 1), que compõe a mais nova fronteira agrícola do MATOPIBA, com bioma predominante do tipo Cerrado. De acordo com a classificação climática de Köppen, o Cerrado possui clima tropical estacional (Aw), na zona Climática A, com precipitação média anual de 1.500 mm, concentrada entre os meses de outubro a março. O período seco, definido em termos de déficit hídrico, ocorre nos meses de abril a setembro, com chuva total abaixo de 50 mm. Geralmente, as temperaturas médias são amenas, entre 22° C e 27° C , ao longo do ano (Alvares et al., 2014).

Neste estudo foram utilizados totais mensais de precipitação pluvial de estações meteorológicas convencionais, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de estudo compreendeu os anos de 1977 a 2019, totalizando 43 anos de dados.

Figura 1: Mapa de localização das áreas de estudo



2.2. ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC)

A análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual para toda série de chuva, baseou-se na classificação elaborada por Araújo et al. (2009) para os anos secos e úmidos (Tabela 1). Na determinação do IAC, utilizou-se a metodologia sugerida por Rooy (1965), e adaptada e testada por Freitas (1998), Marcuzzo et al. (2011), Gross e Cassol (2015), Noronha et al. (2016) e Cury et al. (2018), que objetiva a obtenção das anomalias positivas e negativas da série histórica de precipitação, e estão expressas a seguir:

$$IAC_{positivo} = 3 \times \frac{|N - \bar{N}|}{|X - \bar{M}|} \quad 1$$

$$IAC_{negativo} = -3 \times \frac{|N - \bar{N}|}{|X - \bar{M}|} \quad 2$$

Em que:

N = precipitação anual atual, ou seja, do ano que será gerado o IAC (mm);

\bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm);

\bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm); e anomalias positivas são valores acima da média e negativas abaixo da média.

Tabela 1. Classes de intensidade do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

(IAC)	Classe de Intensidade
≥ 4	Extremamente Chuvoso
$2 > 4$	Muito Chuvoso
$0 > 2$	Chuvoso
$0 < -2$	Seco
$-2 < -4$	Muito Seco
≤ -4	Extremamente Seco

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

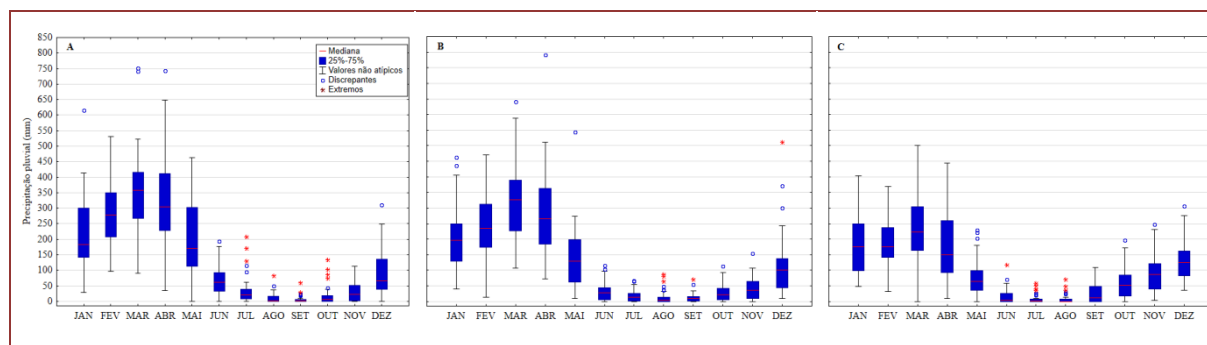
Para uma melhor compreensão no que diz respeito às características pluviométricas dos municípios de Chapadinha, Caxias e Colinas, está exposto na Figura 2, o comportamento climatológico mensal da precipitação para toda série de dados, através da análise de boxplots.

Verifica-se que a quadra mais chuvosa, para ambos os municípios, está entre os meses de Janeiro a abril. Entretanto, observa-se ao mesmo tempo uma grande variabilidade nos dados, com presença de chuvas mensais discrepantes e extremas.

A precipitação média anual é de 1614,3; 1455,6 e 1213,1 mm; com média mensal de 134,52, 121,30 e 101,09 mm para os municípios de Chapadinha, Caxias e Colinas, respectivamente. Observa-se que o mês de março possui os maiores índices pluviométricos, devido à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que coincide com seu potencial máximo no mês de março na região Nordeste (ARAÚJO et al., 2009).

Com relação aos períodos de menores índices pluviométricos, esses ocorrem em setembro para Chapadinha (6,2 mm) e Caxias (11,81 mm) e em julho para Colinas (7,43 mm).

Figura 2. Boxplots dos eventos de precipitação mensal para toda série histórica 1977-2019 de Chapadinha (A), Caxias (B) e Colinas (C)

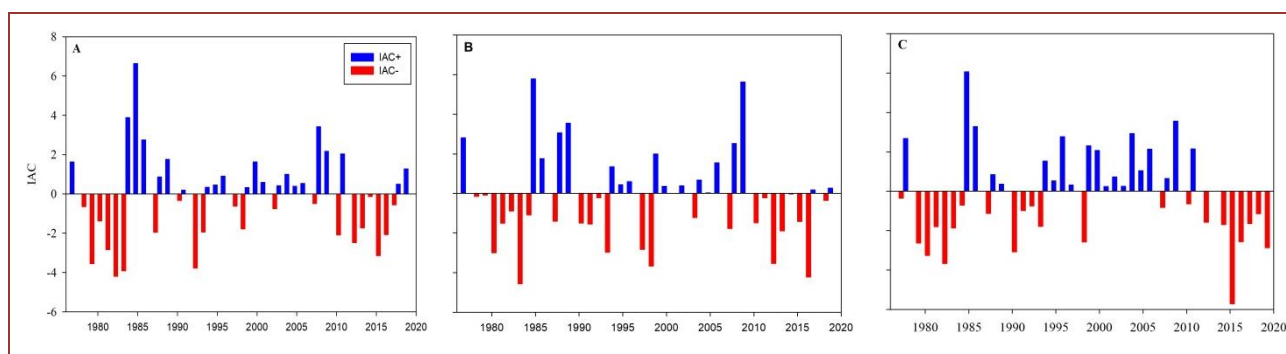


3.2. ANÁLISE DO IAC

Aplicando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para melhor avaliar o grau de severidade dos eventos e de duração de períodos secos e úmidos para a série histórica de precipitação, observa-se que Chapadinho e Colinas apresentam uma semelhança na ocorrência de anos úmidos e secos. Verifica-se para anos úmidos um percentual de 51,16 % (22 anos) e 48,84 % (21 anos) e anos secos 48,84 (21 anos) e 51,16 % (22 anos) para os municípios de Chapadinho e Colinas, respectivamente. No entanto, o município de Caxias apresenta o maior período seco com 58,14 % (25 anos) e menor período úmido com 41,86 % (18 anos) da série de precipitação pluvial estudada.

Observa-se que este maior percentual de anos secos ocorre entre 1977 a 1998. É neste mesmo período que ocorreu um aquecimento global (Molion, 2008), tendo como característica ocorrência maior de eventos de El Niño, trazendo secas mais pronunciadas na região Nordeste do Brasil.

Figura 3. Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica (1977 a 2019), para os municípios de Chapadinho (A), Caxias (B) e Colinas (C)



Nas séries avaliadas observou que o ano de 1985 foi caracterizada como extremamente úmido com índices de 7,16; 5,78 e 6,07, e os anos caracterizados como extremamente seco ocorreram em 1982 (-4,24), 1983 (-4,57) e 2015 (-5,71) para Chapadinho, Caxias e Colinas, respectivamente.

Com a alternância de anos secos e úmidos para a cidade de Chapadinho, chama atenção para dois eventos com seis anos de secas consecutivas, um mais forte ocorrendo entre os anos de 1978 a 1983. O segundo período seco foi entre os anos de 2012 a 2017, com três anos classificados como muito seco (2012, 2015 e 2016). Esse mesmo padrão foi observado para Caxias, sendo o primeiro período entre 1978 a 1984; segundo período de 2010 a 2016 e para Colinas ocorreu entre 1979 a 1984 e 2014 a 2019.

Em Chapadinho observa-se três períodos úmidos de três anos consecutivos (1984 a 1986, 1994 a 1996, 1999 a 2001), e o intervalo de 2003 a 2006 com quatro anos úmidos consecutivos. No entanto, um maior intervalo com 8 anos positivos (1999 a 2006) foi verificada para as condições pluviométricas de Colinas.

4. CONCLUSÕES

Todos os municípios analisados neste trabalho apresentaram o ano de 1985 como extremamente úmido, com IAC positivos variando entre 7,16 a 5,78; e os anos caracterizados como extremamente seco ocorreram em 1982, 1983 e 2015, com IAC negativo variando entre -5,71 a -4,24.

Dentre os municípios analisados, Caxias foi à cidade que apresentou maior quantidade de eventos negativos com ocorrência de 25 anos secos e menor período úmido com 18 anos.

REFERÊNCIAS

- [1] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppens climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- [2] ALVES, J.O.; PEREIRA, P.C.; QUEIROZ, M.G.; SILVA, T.G.F.; FERREIRA, J.M.S.; JÚNIOR, G.N.A. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. *Pensar Acadêmico*, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016.
- [3] ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F.A.S. Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Engenharia Ambiental*, v. 6, n. 3, p. 508-523, 2009.
- [4] ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. *Revista de Geografia*, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.
- [5] BRITO, A.P.; SILVA, N.C.; TOMASELLA, J.; FERREIRA, S.J.F.; MONTEIRO, M.T.F. Análise do Índice de Anomalia de Chuva e Tendência de Precipitação para Estações Pluviométricas na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 37, n. 1, p. 19-30, 2022.
- [6] CURY, M. D.; PEZENTE, D. P.; GONÇALVES, F. N.; SUTIL, T.; MENEGASSO, J. D. Análise do índice de anomalia de chuva (IAC) à bacia hidrográfica do rio Urussanga/SC. *Revista Tecnologia e Ambiente*, v. 24, p. 71 – 80, 2018.
- [7] DA SILVA, D.F.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F.A.S.; ARAÚJO, L.E. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia hidrográfica do rio Mundaú usando IAC. *UNOPAR Científica. Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 7, p. 12-29. 2009.
- [8] FREITAS, M.A.S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semiáridas. *Revista Tecnologia*, v. suplemento, p.84-95, 2005.
- [9] FREITAS, M.A.S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. *Revista Tecnologia*, v.19, n. 1, p. 84-95. 1998.
- [10] GOMES, D.J.C.; SOARES, C.S.T.; LIMA, I.C.P.; FERREIRA, N.S.; LIMA, A.M.M. Oscilações hidroclimáticas associadas às condições ambientais: bacia hidrográfica do rio Canoas-SC. *Ciência e Natura*, v.43, p. 1-33, 2021.
- [11] GROSS, J. A.; CASSOL, R. Ocorrências de índices de anomalia de chuva negativos no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 09, n. 2, p. 21 – 33, 2015.
- [12] LIMA, R.P.C.; SILVA, D.D.; PEREIRA, S.B.; MOREIRA, M.C.; PASSOS, J.B.M.C.; COELHO, C.D.; ELESBON, A.A.A. Development of an annual drought classification system based on drought severity indexes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 91, p. 1-11, 2019.
- [13] MARCUZZO, F.F.N.; GOULARTE, E.R.P. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. *Geoambiente on-line*, v. 19, p. 55-71. 2012.
- [14] MARCUZZO, F.F.N.; ROCHA, H.M.; MELO, D.C.R. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma pantanal do estado do Mato Grosso. *Revista GeoAmbiente*, n. 16, p. 66 – 84, 2011.
- [15] MOLION, L.C.B. Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.1, p.7-24, 2008.
- [16] NORONHA, G.C.; HORA, M.A. G.M.; SILVA, L.P. Análise do índice de anomalia de chuva para a

microbacia de Santa Catarina/Cambiocó, RJ. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 1, p.74-81, 2016.

[17] ROOY, M.P.; VAN. A. Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space. Notos, Pretoria, v. 14, p. 1- 43, 1965.

[18] SANTOS, E.C.A.; ARAÚJO, L.E.; MARCELINO, A.S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 1, p.9-14, 2015.

[19] SANTOS, E.S.; GUERRA FILHO, P.A.; OLIVEIRA, S.S.; SILVA, B.S.; VERAS, A.E.S.; SOUZA, D.A. Interannual rainfall variability and soybean yields in Mata Roma municipality, Maranhão. Revista Engenharia na Agricultura, v. 31, p.19-30, 2023.

Capítulo 2

A produção de alimentos no Pampa Gaúcho: O caso da família Braz no município de Santana do Livramento/RS

Mitali Daian Alves Maciel

Alessandra Troian

Resumo: A agricultura familiar, diversa e heterogênea, com a capacidade de adaptação vem historicamente resistindo às pressões de mercado produzindo alimentos, gerando emprego e renda. Nesse sentido, considerando as características do município de Santana do Livramento, em especial a predisposição para a grande lavoura e a produção de monocultivos, a presente pesquisa visa analisar uma unidade de produção de alimentos de base familiar e sua contribuição para o desenvolvimento da região. A pesquisa se caracteriza como qualitativa, realizada pelo método do estudo de caso, através da técnica de entrevista em profundidade e observação não participante. O tratamento dos dados se deu pela técnica de análise de conteúdo. Entrevistou-se um agricultor familiar que há, aproximadamente, 30 anos produz hortigranjeiros no perímetro urbano do município e abastece o mercado local. A pesquisa identificou que, a unidade de produção de base familiar, possui elementos que a diferenciam da produção convencional do município. E, a partir das práticas adotadas, têm contribuído para o desenvolvimento da região, tanto pela geração de renda como pela conservação ambiental e fortalecimento de elementos socioculturais locais.

Palavras-chave: Mercado local. Hortigranjeiros. Desenvolvimento.

1. INTRODUÇÃO

Há décadas diversos pesquisadores têm se dedicado a demonstrar à sociedade brasileira a importância da agricultura familiar no processo de desenvolvimento do país (VEIGA, 1991; ABRAMOVAY, 1992; LAMARCHE, 1993). Com a consolidação das investigações sobre a categoria social e importantes estímulos dos movimentos sociais, a agricultura familiar, caracteriza-se como essencial para a segurança alimentar e o abastecimento do Brasil, possuindo papel estratégico na crise alimentar mundial, além de contribuir para a melhoria de indicadores econômicos e sociais regionais (AQUINO; SCHNEIDER, 2021).

De acordo com o IBGE (2019), cerca de 67% do total de trabalhadores do campo são agricultores familiares. Embora os dados do último censo agropecuário do ano de 2017 não confirmem a porcentagem total dos alimentos produzidos no país, evidencia-se a significativa participação da agricultura familiar na maioria dos produtos hortícolas, a saber: 80% da mandioca, 73% do pimentão, 69% do abacaxi, 47% do tomate e 42% do feijão preto (IBGE, 2019). As informações demonstram a capacidade da agricultura familiar de gerar renda e abastecer a sociedade com alimentos diversificados (MACIEL, 2022).

A heterogeneidade e diversidade intrínseca à agricultura familiar no Brasil se refletem em uma pluralidade de atores e na não linearidade das interações, o que permite reflexões frequentes sobre quais alimentos produzir e a qualidade dos processos, os quais se configuram particularmente pertinentes dados os desafios de adaptação ao meio, em um contexto de aumento da insegurança alimentar grave e mudanças climáticas (SABOURIN et al., 2022). Somam-se à emergência das problemáticas alimentares e ambientais, as fragilidades do abastecimento alimentar vigente que cobram respostas urgentes e integradas (MACIEL; TROIAN; OLIVEIRA, 2022).

Enquanto os sistemas alimentares convencionais modernos agravam tais problemas, a segurança alimentar e nutricional e a sustentabilidade das gerações presentes e futuras, exigem a construção de sistemas alimentares alternativos (MACIEL; TROIAN, 2022). Torna-se cada vez mais oportuno associar a produção agrícola à busca pela soberania e segurança alimentar e nutricional, à sustentabilidade social e ao bem-estar das populações, bem como à conservação da cultura agroalimentar local (MACIEL; TROIAN; BREITENBACH, 2023).

No entanto, parte expressiva das atividades do sistema agroalimentar brasileiro negligencia as problemáticas impostas pela expansão do capital agroindustrial na agricultura. O modelo prevalente de produção de alimentos proporcionou a produção em larga escala, principalmente de *commodities* agrícolas, destinada usualmente à exportação, em uma perspectiva de acumulação financeira (DAL SOGLIO, 2016; CORRÊA et al., 2019).

Na vanguarda do movimento de produção agrícola em escala industrial, tem-se a produção de grãos, conforme os dados disponíveis pela Companhia Nacional de Abastecimento, a safra brasileira de grãos no ciclo 2022/2023 é considerada uma supersafra, com volume recorde estimado de 309,9 milhões de toneladas. As *commodities* agrícolas, especialmente o cultivo da soja, alavanca a produção, dado que quase metade desse volume total é atrelada ao grão, o que representa uma colheita em torno de 151,4 milhões de toneladas, isto é, um aumento de 20,6% (CONAB, 2023).

Em meio ao panorama, tanto em nível nacional como no estado do Rio Grande do Sul, em poucas décadas, a produção de soja ocupou rapidamente uma extensa área de campos

naturais no Pampa Gaúcho¹, promovendo repentinas transformações no território (MAIA, 2022). Em particular, no município de Santana do Livramento/RS, há 2.962 estabelecimentos agropecuários, que ocupam uma área de 673.164 hectares. Desse total, 1.746 estabelecimentos (58%) se enquadram na dinâmica da agricultura familiar, dos quais a área ocupada é de 56.494 hectares, ou seja, menos de 9% da terra (IBGE, 2019). Verificando-se, inclusive, problemas socioeconômicos e ambientais decorrentes da desigualdade agrária, das grandes propriedades rurais e dos monocultivos, como primazia do “agro” brasileiro (MACIEL; TROIAN, OLIVEIRA, 2022).

Considerando o cenário, bem como os entraves e as oportunidades da agricultura familiar na produção de alimentos, a presente pesquisa tem como objetivo analisar o caso de uma unidade de produção de alimentos de base familiar em Santana do Livramento/RS e sua contribuição para o desenvolvimento da região². A pesquisa se justifica no momento em que se visualiza a expansão da soja no município e a redução da área plantada com alimentos – posto que 2.962 estabelecimentos agropecuários foram identificados, no último censo, ocupando uma área de 673.164 hectares. Todavia, 1.746 desses estabelecimentos, na proporção de aproximadamente 58% se enquadram na dinâmica da agricultura familiar, dos quais a área ocupada é de 56.494 hectares (IBGE, 2019), ou seja, detém menos que 10% da área de cultivo. Frente ao panorama, diversamente, a unidade de produção familiar em estudo, resiste e vem desenvolvendo o cultivo de alimentos para o abastecimento local.

O texto tem sua redação organizada em cinco seções, a incluir esta breve introdução. A seguir, discute-se a importância da agricultura familiar e a sua contribuição para o processo de desenvolvimento regional. Posteriormente, apresenta-se a metodologia adotada no estudo e os principais resultados e discussões. Por fim, apresentam-se as considerações finais e as referências consultadas.

2. A RELEVÂNCIA DA AGRICULTURA FAMILIAR NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

A partir da década de 1990 avanços significativos são percebidos no âmbito dos estudos rurais sobre a produção familiar. O principal deles se relaciona ao reconhecimento da vasta diversidade econômica e heterogeneidade social do grupo, que se manifesta no número expressivo de estabelecimentos agrícolas no país, presente em todas as regiões, com diferentes condições de produção e terras (SCHNEIDER, 2009). Outro avanço relevante se refere ao reconhecimento da agricultura familiar, passando a ser compreendida pelos estudiosos, como organizações sociais e, pelos gestores governamentais, como categoria social diversa e não homogênea (SCHNEIDER; CASSOL, 2014).

Veiga (1991) e Abramovay (1992) destacam elementos para diferenciar o agricultor familiar do camponês, como a integração aos mercados, o papel determinante do Estado no desenvolvimento de políticas públicas e a incorporação de tecnologias, tendo os diferentes graus de integração ao mercado como principal referência da transformação

¹ No Brasil, o Bioma Pampa ocupa 2,1% do território geográfico nacional, sendo o único bioma que se situa em apenas um estado. Localiza-se na metade meridional do estado do Rio Grande do Sul, o Pampa Gaúcho, abrange cerca de 63% de seu território. Composto um vasto espaço geográfico, que forma um complexo sistema de plantas rasteiras e gramíneas, além de espécies arbustivas (IBF, 2020).

² O estudo foi realizado no âmbito do Círculo de Estudos em Desenvolvimento e Ruralidades (CEDER)/CNPq (<https://sites.unipampa.edu.br/ceder/>).

do camponês em agricultor familiar, cada vez mais incorporado às dinâmicas mercantis. A expressão 'agricultura familiar' passa a ser utilizada para caracterizar a produção organizada no trabalho familiar e, ao mesmo tempo, integrada aos circuitos comerciais e industriais (LAMARCHE, 1993).

Para Wanderley (2003), agricultura familiar se estabelece como uma estrutura produtiva que envolve família-produção-trabalho, o que influencia diretamente na forma como os agricultores familiares se articulam social e economicamente, já que as estratégias estabelecidas pelas famílias tendem a assegurar sua sobrevivência e garantir a sua reprodução. Nesses termos, a agricultura familiar é uma categoria gerada nas transformações experimentadas pelas sociedades capitalistas desenvolvidas, posto que o que antes era um modo de vida se converteu em uma profissão e em uma forma de trabalho (WANDERLEY, 2015).

Como singularidade, Buainain (2007), acrescenta que os agricultores familiares tendem a ter aversão aos riscos, o que faz com que eles diversifiquem mais a produção do que se especializem em um determinado produto, pois há o risco decorrente tanto dos fatores climáticos quanto dos mercados, e isso aumenta quando o grau de especialização se eleva intensamente. Outra perspectiva relevante da agricultura familiar se relaciona tanto a propensão a produzir quanto a consumir, o que faz com que haja valorização da diversidade na produção, mostrando-se relevante para que ocorra a preservação ambiental.

De acordo com Hecht (2011), a agricultura familiar pode favorecer a manutenção de belas paisagens e da biodiversidade, pela forma com que as pessoas cultivam e vivem, sendo essa uma das razões pela qual, também, pode ser considerada uma forma de vida. Devido a isso, o autor destaca a importância de investimentos contínuos para o desenvolvimento e reprodução da agricultura familiar, principalmente no que se reporta à viabilização de práticas técnicas e agroecológicas para o manejo da produção, como tendência da agricultura moderna.

Conforme Ploeg (2014), a agricultura familiar carrega a promessa de criar práticas agrícolas altamente produtivas, sustentáveis, simples, flexíveis e dinâmicas. Em sua visão, a agricultura familiar tende a contribuir significativamente para a soberania e segurança alimentar e nutricional. Capaz de fortalecer o desenvolvimento de diversas maneiras, criando empregos e gerando renda, como também postos de trabalho atrativos, aumentando o grau de resiliência econômica, ecológica e social das comunidades rurais e contribuindo consideravelmente para a emancipação de suas parcelas mais oprimidas.

Na mesma direção, Niederle, Fialho e Conterato (2014), afirmam que os conhecimentos, a cultura, a forma de agir, tanto social como economicamente, são aspectos transmitidos de geração para geração e que se colocam em possibilidades de processos de continuidades. O estabelecimento familiar moderno é, portanto, uma unidade de produção que procura conservar nela mesmas todas as potencialidades necessárias, tanto de ordem técnico-econômica quanto sociocultural, para modificar, conforme as circunstâncias, seus comportamentos e operar estratégias de adaptação a situações regionais próprias, ao incorporar o modo de produção às características locais.

Afirmam Gazolla et al. (2022), que a agricultura familiar constrói mercados alimentares específicos, relevantes para os processos de abastecimento alimentar local e regional. Os autores relembram que estudos têm evidenciado a iminência da agricultura familiar para abastecer o consumo urbano e regional, a partir de mercados de proximidade social (cadeias curtas), territoriais (vendas por feiras regionais, loja especializada de

agricultores) institucionais (via PAA e PNAE) e convencionais (cooperativas/supermercados). A agricultura familiar também colabora para processos de desenvolvimento regional sustentável ao desenvolver relações de coprodução com a natureza, preocupando-se com a conservação da paisagem rural, manutenção do patrimônio natural e com a preservação ambiental (PLOGG, 2008).

O papel e a importância da agricultura familiar no desenvolvimento rural brasileiro contemporâneo são sintetizados por Mattei (2014), mediante aos resultados extremamente positivos conquistados pela categoria social em termos produtivos, especialmente no que concerne à produção de alimentos básicos. O autor também ressalta o papel relevante da agricultura familiar no sentido de manter grande parte das ocupações rurais sob sua responsabilidade. Os dados do último censo agropecuário confirmam essa tendência, uma vez que a proporção 3/4 de todas as ocupações existentes no meio rural do país estão vinculadas diretamente ao sistema familiar de produção.

Ainda, torna-se importante realçar o papel decisivo que a agricultura familiar desempenha para além dos aspectos meramente produtivos. Assim, em regiões em que predomina esse tipo de agricultura são evidentes as diferenças, comparativamente às áreas dominadas pelo agronegócio, cujo centro dinâmico é dado pelas *commodities* produzidas em larga escala e voltadas aos mercados internacionais. Duas diferenças são visíveis: a maior preservação dos recursos naturais e um espaço físico ocupado com trabalhadores. Destarte à luz desta concepção de desenvolvimento que as políticas públicas devem buscar a criação de condições para uma transição estrutural do atual modelo produtivo para um novo projeto de cenário rural, com agricultores e produtores produzindo sustentavelmente (MATTEI, 2014; SCHNEIDER, 2016).

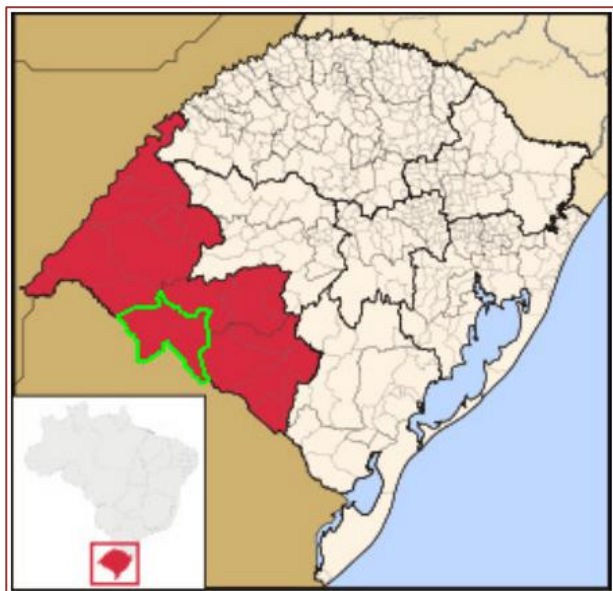
3. METODOLOGIA

A pesquisa possui abordagem qualitativa, a qual busca captar profundo conhecimento sobre uma situação particular, produzindo riqueza de dados que permita ver um fenômeno na sua totalidade. Além disso, ela se vale da relação entre sujeito pesquisador e sujeito pesquisado, que embora perpassada por relações de poder, constitui momento de construção, diálogo de um universo de experiências humanas (CRESWELL, 2010).

Complementarmente, o estudo possui caráter exploratório e descritivo e método de estudo de caso. O fenômeno estudado foi a dinâmica produtiva de uma unidade de produção de base familiar no município de Santana do Livramento. A qual se diferencia da racionalidade local, dentro da lógica convencional de produção da região. Conforme Maciel, Troian e Breitenbach (2023, p. 7) “caracteriza-se como convencional, em Santana do Livramento, a monocultura, a produção em larga escala, a homogeneização no campo e a adição de agroquímicos no processo produtivo”.

A economia municipal está alicerçada no comércio, nas atividades agropecuárias, especialmente nos cultivos de arroz e soja e, de maneira mais recente, na produção frutífera com destaque para a vitivinicultura e a olivicultura (FEE, 2018; SEBRAE, 2019). Santana do Livramento está inserido na região da Campanha Gaúcha, onde há o predomínio de grandes propriedades rurais, forte produção monocultora e homogeneidade dos sistemas produtivos agrícolas. Ainda que seja reconhecida regionalmente pela pecuária e grande extensão fundiária, unidades de produção familiares estão estabelecidas no município desde meados do século XVIII (FERRON; TROIAN, 2020). A figura 1 apresenta a localização geográfica de Santana do Livramento.

Figura 1- Mapa do Rio Grande do Sul - mesorregião sudoeste (Campanha Gaúcha) – em destaque o município de Santana do Livramento/RS



Fonte: Fernandes (2012, p. 37).

Na etapa de coleta de dados, empregou-se a entrevista em profundidade e a observação não participante. A entrevista em profundidade é uma das técnicas de pesquisa qualitativa e, diferentemente da entrevista quantitativa, consiste em perguntas abertas, isto é, sem opções de múltipla-escolha para que o entrevistado possa se expressar livremente. Ela é realizada individualmente para que o respondente seja incentivado a manifestar motivações, crenças, atitudes e sensações subjacentes sobre um determinado assunto (SANTOS; OLIVEIRA FILHO; ROYER, 2016). O protocolo de coleta de dados foi elaborado com base na literatura sobre a reprodução socioeconômica da agricultura familiar e desenvolvimento.

A técnica de observação não participante foi realizada visando observar as práticas diárias e o ambiente produtivo familiar. Ela foi empregada de maneira livre, de forma espontânea, informal, em que o pesquisador assume a postura de expectador das relações produtivas e sociais, buscando obter informações e evidências que auxiliem na compreensão dos dados verbais obtidos na pesquisa (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

A entrevista e observação ocorrem no mês de outubro de 2021³, realizadas, presencialmente, na unidade de produção familiar. As observações foram anotadas em um caderno de campo e serviram de base na triangulação dos dados. A escolha do entrevistado se deu pela técnica de julgamento, conforme Hair Jr et al. (2010), envolve a seleção para um fim específico, em que o julgamento do pesquisador é usado para seleção. A escolha ocorre porque o pesquisador acredita que o escolhido representa a população alvo, possuindo as características definidas previamente.

O tratamento dos dados, após coleta e transcrição da entrevista, ocorreu pela técnica de análise de conteúdo, proposta por Bardin (2011), gerando categorias, a partir de padrões

³ Respeitou-se todos os protocolos da Organização Mundial da Saúde (OMS), para a prevenção da COVID-19.

que emergiram de conteúdos similares entre a entrevista e a observação. A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pampa, sob o número de registro CAAE 50839221.2.0000.5323.

4. HISTÓRIA, MEMÓRIA E PRODUÇÃO AGRÍCOLA: O PLANTIO DE ALIMENTOS COMO ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

O caso da família em estudo, iniciada há duas gerações, possui mais de 70 anos de tradição nas atividades voltadas para a agricultura, sendo pioneira na implantação de fruticultura no município de Santana do Livramento. O grupo familiar originalmente se iniciou com seu pai que teve cinco filhos, todos agricultores familiares até os dias atuais, sendo um deles o participante do estudo. O agricultor é casado e possui um casal de filhos, a filha trabalha na área contábil e o filho, agrônomo e funcionário público municipal, cultiva morangos na unidade produtiva e, ao mesmo tempo, presta assistência técnica à unidade de produção. A seguir, a figura 2 ilustra graficamente a localização da unidade de produção de base familiar em estudo.

Figura 2 – Croqui de localização da unidade de produção de base familiar em Santana do Livramento/RS



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A motivação do agricultor para produzir alimentos se relaciona ao **know-how familiar**. Desse modo, o desenvolvimento da produção, vincula-se à experiência familiar, ao passo que a aptidão pela agricultura foi passada de pai para filho, vindo de gerações, conforme relata:

Eu fui criado sempre na chácara [...] lá eu aprendi tudo que eu sei hoje, meu pai era plantador experiente em plantio de legumes e de pêssego, então nós desde criança começamos ali e hoje não me arrependo [...] o Roberto já tá plantando morango, o meu incentivo que continue produzindo. Isso de gostar da plantar já passou de pai pra filho (Agricultor entrevistado).

É possível identificar que o interesse e a propensão pela atividade da agricultura acontecem desde menino, evidenciando uma clara situação de sucessão familiar. Para Breitenbach, Dallagnol e Troian (2023) as motivações para a sucessão estão atreladas à questão emocional. Os aspectos centrais na decisão se relacionam ao amor pela agricultura e ao respeito pela profissão de agricultor, bem como o desejo de alternativas financeiras para a unidade de produção, através de mudanças e melhorias no sistema produtivo. Vale mencionar que o estudo realizado por Breitenbach e Troian (2020), com jovens rurais em Santana do Livramento, sobre a sucessão e o desejo em permanecer no meio rural, apontou que os principais fatores que influenciam a permanência ou saída dos jovens do campo são: a) a condução do processo sucessório; b) o diálogo entre os pais e os filhos; e c) a dificuldade de constituir família. Posto isso, no quadro a seguir são sintetizados os principais atributos do agricultor e da unidade produtiva familiar.

Quadro 1 – Principais características do agricultor e da unidade produtiva familiar de Santana do Livramento/RS

Caracterização	
Sexo	Masculino
Idade	72 anos
Naturalidade	Santana do Livramento
Escolaridade	Ensino fundamental incompleto (Terceira série)
Integrantes da família ativos na produção	1 (filho)
Colaboradores	8
Tempo de produção	29 anos
Área total	6 ha
Localização da unidade produtiva	Zona urbana do município
Principais alimentos produzidos	Alface, abobrinha, acelga, couve verde, rúcula, espinafre, rabanete, pimentão, cebolinha, salsa, morango e mel

Fonte: Pesquisa de campo (2021).

Os produtos cultivados na unidade de produção são hortaliças em geral, bem como ativos na produção apícola, com extração de mel. Os produtos ofertados são alimentos frescos, que permitem o consumo da horta para o consumidor, sem maiores atravessadores no processo, o que proporciona um ganho de qualidade para os consumidores. Para Ploeg (2008), com diversificação produtiva, a produção de alimentos se torna mais estável por aumentar a capacidade de superação às flutuações mercadológicas e climáticas, potencializando a aptidão de autorreprodução e a incorporação de padrões de qualidade aos produtos. Uma vez que a viabilidade econômica não está baseada somente em um produto, mas em vários visando o melhor aproveitamento das aptidões locais (MACIEL, 2022). Na figura 3, a seguir, observa-se a variedade de alimentos produzidos pela unidade de produção de base familiar em estudo no município.

Figura 3 – Compilado de registros fotográficos de alimentos cultivados na unidade produtiva de base familiar de Santana do Livramento/RS



Fonte: Pesquisa de campo (2022).

A estratégia familiar para manter o fluxo de produção que garanta a entrega contínua de alimentos, respeitando a sazonalidade produtiva, relaciona-se à **diversidade cultivada** de um mesmo gênero alimentício, conforme elucidada: *“Todo ano tenho alface, a gente muda a variedade do produto. A do inverno é uma variedade, o gênero mais resistente ao frio, e no verão é outra variedade que é resistente ao calor, também nas outras culturas funciona assim”* (Agricultor entrevistado).

Gazolla e Schneider (2007) relembram que os alimentos da estação ou também chamados de sazonais são alimentos cultivados e colhidos naturalmente na época do ano mais propícia para a sua produção, conforme as suas necessidades de clima, condições de solo e luz solar. Os alimentos são colhidos no tempo certo, proporcionando mais sabor e maior concentração de nutrientes, além disso, quando se consome o alimento da estação, está-se ingerindo o alimento em todo o seu potencial. Posto que, todas as vitaminas e minerais integrantes do alimento estão presentes em sua totalidade (AMARAL et al., 2021).

Como principal fonte de matéria-prima e insumos, o agricultor afirma produzir seus **alimentos sem a utilização de agentes químicos**, como os agrotóxicos e, quando necessário, para tratar plantas espontâneas faz o manejo com armadilhas ecológicas. Como destaca em sua fala:

Nunca usemo químico, nunca, é a receita que meu pai me deixou, a terra bem cuidada ela retorna, porque o adubo químico queima a terra e tem que fazer rotação de cultura. Eu uso adubo orgânico, a cama de cavalo, cama de vaca de leiteria e cama de galinha. E,

geralmente, calcário e fósforo que falta na terra [...] que o próprio calcário tira a acidez da terra (Agricultor entrevistado).

De acordo com Dahlke et al. (2019), a adubação orgânica é uma alternativa para a produção de alimentos saudáveis, ao impulsionar diversas mudanças nas formas de pensar e produzir os alimentos, as quais não agridam o meio ambiente, contribuindo para a conservação dos recursos naturais das propriedades agrícolas. Assim, reduz-se a dependência por insumos externos, no qual o custo é baseado no preparo realizado pelo próprio agricultor com materiais disponíveis na propriedade ou região, possibilitando maior independência na compra de insumos.

Para conseguir produzir e comercializar, dada a sua idade avançada, o agricultor conta com **colaboradores**, os quais têm vínculo empregatício com a unidade produtiva e todos os seus direitos resguardados, como salienta o entrevistado: *“Hoje em dia, trabalho com os funcionários e trato eles como filhos, tenho oito que me ajudam e todos têm registro nos conformes”* (Agricultor entrevistado). Segundo Lima, Silva e Iwata (2019), diversos estudos realizados em diferentes partes do mundo demonstram que a agricultura familiar tem grande capacidade de gerar empregos e distribuir renda, contribuindo ao desenvolvimento local, com condições de inserção competitiva nos mercados doméstico e global. Assim, evidencia-se a relevância de modelos de produção geradores de emprego na região, já que o “agro” e a pecuária extensiva, historicamente, não possuem a característica de geração de empregos na região da Campanha Gaúcha, que é considerada de baixo desenvolvimento, por manter sua base agropastoril e estrutura fundiária extremamente concentrada (SOARES; SASSI, 2019; FERRON, TROIAN, 2020).

A comercialização dos alimentos produzidos na unidade produtiva ocorre no **mercado local**, em que são abastecidos feiras e supermercados do município, como menciona o agricultor: *“É no mercado local, até falta mercadoria pra tanta gente [...] feiras, mercados também. Abasteço uns dez por aí”* (Agricultor entrevistado).

De acordo com Pozzebon, Rambo e Gazolla (2018), os circuitos agroalimentares curtos vêm se tornando uma estratégia viável de manutenção das famílias agricultoras devido à garantia de rentabilidade, já que fortalecer a categoria social implica na criação de meios para se diversificar opções de trabalho e renda. Para Souza, Fornazier e Delgrossi (2020), os sistemas agroalimentares locais carregam o potencial de criar novas conexões de mercados para a agricultura familiar relacionada ao desenvolvimento rural local, à sustentabilidade, aos arranjos produtivos locais, à produção de qualidade, aos impactos econômicos em comunidades locais e mudanças no padrão de consumo.

Para o agricultor entrevistado na presente pesquisa a obtenção de **novos aprendizados e conhecimentos** é algo relevante, seja pela aprendizagem adquirida por meio de reuniões com outros agricultores em que são compartilhadas vivências sobre a produção de alimentos ou pela interação de saberes produtivos com a sociedade em geral, propiciando relações sociais fortalecidas e mais sustentáveis entre os próprios produtores e os consumidores, conforme o relato:

Todo o conhecimento novo é bem-vindo, não resta dúvida, porque hoje a tecnologia tá avançada e o conhecimento novo ajuda bastante, alguma técnica nova ajuda bastante [...] por exemplo, antes eu semeava salsa no verão, teria que botar o sombrite pro sol não queimar, hoje eu uso a própria cama do cavalo, semeio e faço a

sombra com a cama do cavalo em cima do canteiro, conserva a umidade e conserva bem fofinho ali e o solo não queima a plantinha quando tá nascendo [...] em reuniões eu aprendi isso aí, da associação rural também, pra observar algo novo (Agricultor entrevistado).

Segundo Maciel (2022), a dinâmica de produção de alimentos dos agricultores familiares fortalece as relações agricultor-agricultor potencializando o processo de construção e apropriação de conhecimentos, inclusive com intercâmbio de saberes sobre os processos produtivos, bem como as aptidões produtivas da região. Devido a isso, essa dinâmica tem por princípio a valorização do conhecimento oriundo dos agricultores, a partir das especificidades e ressignificação das práticas, que valorizam as peculiaridades inerentes do espaço onde ocorre a produção, sem deixar à parte os conhecimentos construídos historicamente (SCHWAB; MORAES; CORRENT, 2022).

Outra particularidade que se relaciona à unidade produtiva em análise está no fato de que discentes dos cursos de graduação da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)⁴, seguidamente realizam **estudos práticos na unidade de produção**. Na fala do agricultor, a seguir, evidencia-se a sua satisfação em compartilhar os seus conhecimentos para que os jovens se interessem na produção de alimentos:

Muitas pessoas vêm e eu prezo sempre pelo atendimento do que eu sei, dentro do meu alcance, quem chega aqui na minha casa, na minha chácara é bem-vindo, de uma maneira ou de outra a gente tenta ajudar. Tem pessoas interessadas em aprender, a levar pra frente [*o trabalho com agricultura*], porque hoje elas enxergam aqui diretamente, se interessam e eu podendo, eu ensino (Agricultor entrevistado).

Quando um conjunto de conhecimentos, técnicas e saberes, transmitidos no ambiente acadêmico, incorporam princípios ecológicos e valores culturais às práticas agrícolas, extrapolando para aplicação real, abre-se a possibilidade de discussões aprofundadas sobre o papel dos processos de transformação do conhecimento, vinculados à construção de uma racionalidade ambiental, responsabilidade social na formação de novos saberes e profissionais com consciência crítica e capacidade para contribuir com eficácia na resolução de problemas socioambientais cada vez mais complexos (CAPORAL; COSTABEBER; PAULUS, 2011).

Para o agricultor, a **produção convencional**, monocultora, possui tratamento e estímulos diferenciados. Ela tem gerado problemas em relação ao emprego de produtos químicos, sobretudo nas lavouras de soja, as quais estão cada vez mais próximas da produção de alimentos, provocando malefícios ao meio ambiente e à biodiversidade, conforme pontua:

O tratamento não é o mesmo, porque hoje nas lavouras tão usando, geralmente, produto químico e os inseticidas pra combater lagarto, acontecendo em áreas aqui na região aqui perto, matando as

⁴ O município de Santana do Livramento conta com uma unidade da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), um campus da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e um campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL).

abelhas tudo, pelo inseticida mal aplicado, traz transtorno pra outros vizinhos que tão ali perto produzindo sem veneno (Agricultor entrevistado).

O uso indiscriminado de agrotóxicos tem o potencial de gerar inúmeros problemas para o meio ambiente, como contaminação do ar, das águas e do solo, causando a morte de animais e plantas. Essas substâncias podem se deslocar no ambiente através dos ventos e da água da chuva para locais distantes de onde foram aplicados, causando efeitos drásticos em espécies não alvo, afetando a biodiversidade, as redes alimentares e os agroecossistemas (GLIESSMAN, 2000; FERNANDES, 2019). Ademais, Caporal e Costabeber (2004) afirmam que o atual modelo de desenvolvimento rural e de agricultura convencional é insustentável, dada a sua grande dependência de recursos não renováveis limitados. O modelo tem sido responsável por crescentes danos ambientais e pelo aumento das diferenças socioeconômicas no meio rural.

Na percepção do agricultor, através das práticas adotadas no dia a dia da unidade de produção, como também a qualidade dos alimentos ofertados, têm contribuído para um desenvolvimento mais sustentável ao relacionar a percepção de **qualidade de vida** às atividades produtivas, como destaca:

Não tem dúvida, pela maneira que a gente produz aqui, sem entrar inseticida na área, já tá dizendo tudo e isso é importante, realmente é isso que nós temos hoje de mais precioso. É um ganho de saúde [...] a saúde é o mais importante. [...] Eu trabalho bastante, não paro, me alimento bem e não me preocupo [...] não penso em me aposentar, do trabalho não. Enquanto eu puder andar, vou estar sempre servindo a população (Agricultor entrevistado).

Diedrich, Biondo e Bulhões (2021) ressaltam que o bem viver e a agroecologia estão relacionados à qualidade de vida e ao bem-estar, o que pressupõem que as pessoas estejam satisfeitas com seu modo de vida. Para as autoras, essa dinâmica possibilita à família criar laços de pertencimento ao seu espaço de vida, sendo que estes passam a se sentir parte da natureza, em uma relação de respeito e não de dominação. Para além das vantagens econômicas, de relevante importância, percebe-se que a valorização dos ganhos não monetários, como autonomia e satisfação por cumprir a função social de produzir alimentos seguros impactam diretamente no aumento da qualidade de vida da família. A figura a seguir ilustra os principais aspectos encontrados nesta pesquisa que tem o potencial de contribuir para o desenvolvimento da região de Santana do Livramento.

Figura 4 - Particularidades da produção de base familiar que contribuem para o desenvolvimento da região de Santana do Livramento/RS



Fonte: Elaborado com base nos resultados da pesquisa (2023).

Tal forma de organização produtiva contribui para a promoção de práticas de produção agrícola que preservam o meio ambiente. Destacam-se algumas externalidades positivas decorrentes de seu desenvolvimento, como a garantia de respeito à biodiversidade local, produção de alimentos diversificados e qualificados com potencial de melhoria na segurança alimentar, preservação das características paisagísticas do território, proteção do capital sociocultural, fortalecimento das relações produtivas locais. Além de geração de emprego e renda, a unidade de produção familiar assegura produtividade, fortalece o mercado local e o abastecimento da sociedade com alimentos qualificados e saudáveis.

A unidade de produção de base familiar em estudo possui elementos que a diferenciam da produção convencional do município. Os principais aspectos se vinculam à resistência em produzir alimentos, mesmo em um cenário com baixa valorização e incentivo. Uma vez que, o *mainstream* agrícola é calcado na especialização produtiva de *commodities*, lavouras de grãos, diminuição do número de propriedades rurais, concentração de terras em poucos produtores, entre outros. Além da degradação ambiental que, a partir do uso inadequado dos recursos naturais, pode atingir proporções irreversíveis, como o desaparecimento do ambiente de campos naturais.

Outro diferencial se atrela à opção de produzir alimentos diversificados para o abastecimento do mercado local, que foge da característica de produção pecuária, como a criação de gado bovino e ovino, que é uma atividade peculiar da região. Ademais, apesar das atividades econômicas do município, majoritariamente, estarem vinculadas à

produção de *commodities* de alta valorização financeira no mercado internacional, a renda oriunda dessa produção não tem gerado desenvolvimento, de fato, para região, muito menos geração de renda. Região essa que é considerada, historicamente, como atrasada e sem perspectiva de crescimento, com altos índices de pobreza e estagnação econômica.

Portanto, o contramovimento produtivo fomentado pela unidade familiar, em boa medida, ocorre porque o agricultor carrega consigo os ensinamentos transmitidos por seu pai, sobre como garantir a produção de alimentos livres de agentes nocivos, como os agrotóxicos. Logo, dirige-se ao oposto, ao perceber que a produção de alimentos é uma oportunidade de reprodução socioeconômica, não “refém” dos pacotes tecnológicos impostos pela agricultura “moderna”. E, diferentemente da produção de *commodities*, a produção familiar preza pela diversidade e qualidade produtiva, o que pode ser um dos fortes indícios para a manutenção da sua longevidade produtiva.

Por fim, unidades de produção de base familiar, como a investigada, tornam-se um elemento-chave para a região por manter as características locais, como a paisagem e a agrobiodiversidade, auxiliando na manutenção econômica de famílias na cidade, pela geração de emprego e seu efeito multiplicador, dinamizando economicamente o município e região ao seu entorno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa se evidenciou que a produção de base familiar que compõe o caso deste estudo, reproduz-se socioeconomicamente de maneira oposta à agricultura convencional – pautada na monocultura, produção em larga escala e utilização de agentes químicos, como os agrotóxicos para maior produtividade, em menos tempo – o que se apresenta como hegemonia na produção agrícola do município de Santana do Livramento. Por isso, caracteriza-se como uma produção diferenciada, dado o contexto produtivo do município e região, que se diferencia e se distancia do padrão característico da agricultura convencional, assim, inserida no contramovimento hegemônico da agricultura “moderna”.

A unidade de produção investigada é conhecida e reconhecida no município pela produção e oferta de alimentos. São duas gerações de dedicação na produção de hortigranjeiros. Assim, contextualiza-se que a promoção da segurança alimentar, o fortalecimento do mercado local, a conservação da biodiversidade, a reprodução do patrimônio cultural da população rural e a manutenção da diversidade territorial dos espaços interessam e beneficiam a toda a sociedade, uma vez que ela pode usufruir de alimentos de qualidade e diversificados, produzidos em ambientes naturais preservados e seguros. Isso revela a perspectiva diferenciada de sua contribuição social em consonância com a promoção do desenvolvimento regional.

Espera-se que o estudo possa contribuir para o debate sobre a agricultura familiar como promotora de desenvolvimento de regiões historicamente deprimidas e, como investigações futuras, sugere-se estudos mais amplos que contemplem maiores quantidades de unidades de produção familiar, o que se caracteriza como uma limitação deste estudo. Como também abarque novas indagações sobre o rumo e a perspectiva de produtores de alimentos na Campanha Gaúcha e novas perspectivas de desenvolvimento regional ancoradas no potencial da agricultura familiar, como categoria social diversa e heterogênea.

REFERÊNCIAS

- [1] ABRAMOVAY, R. Paradigmas do capitalismo agrário em questão. São Paulo: Hucitec, 1992.
- [2] AMARAL, L. de S. et al. Redes agroalimentares alternativas: um olhar sobre a central de comercialização da agricultura familiar e economia solidária no Rio Grande do Norte (CECAFES). Revista Inter-Legere, Natal, v. 4, n. 30, 2021.
- [3] AQUINO, J. R. de; SCHNEIDER, S. O papel da agricultura familiar na superação da crise atual. Brasil debate. (Site). Publicado em: 27 abr. 2021. Disponível em: <https://brasildebate.com.br/o-papel-da-agricultura-familiar-na-superacao-da-crise-atual/>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- [4] BREITENBACH, R.; TROIAN, A. Permanência e sucessão no meio rural: o caso dos jovens de Santana do Livramento/RS. Ciências Sociais Unisinos, São Leopoldo, v.56, n.1, p. 26-37, 2020.
- [5] BREITENBACH, R.; DALLAGNOL, R. P.; TROIAN, A. “Decidi ficar”: Aspectos emocionais como fatores determinantes do processo sucessório em Ipiranga do Sul/RS. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 19, n. 1, p. 101-122, 2023.
- [6] BUAINAIN, A. M. (Coord.). Agricultura Familiar e Tecnologia no Brasil: Características, desafios e obstáculos. Campinas: UNICAMP, 2007.
- [7] CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.
- [8] CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. Agroecologia: matriz disciplinar ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável. In: CAPORAL, F. R.; AZEVEDO, E. O. de. (Orgs.). Princípios e perspectivas da agroecologia. Curitiba: IFPR, 2011.
- [9] CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Aumento de 20,6% na produção de soja impulsiona safra de grãos, estimada em 309,9 milhões de toneladas. Portal do Governo Federal. (Site). Publicado em: 09 mar. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4937-aumento-de-20-6-na-producao-de-soja-impulsiona-safra-de-graos-estimada-em-309-9-milhoes-de-t>. Acesso em: 18 mar. 2023.
- [10] CORRÊA, M. L. M. et al. Alimento ou mercadoria? Indicadores de autossuficiência alimentar em territórios do agronegócio, Mato Grosso. Saúde Debate, Rio de Janeiro, v. 43, n. 123, p. 1070-1083, 2019.
- [11] CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3ª Ed., Porto Alegre: Artmed, 2010.
- [12] DAHLKE, I. et al. Desempenho produtivo do tomateiro sob cultivo protegido utilizando caldas agroecológicas. Revista Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v. 28, n. 2, p. 204-214, 2019.
- [13] DAL SOGLIO, F. A agricultura moderna e o mito da produtividade. In: DAL SOGLIO, F.; KUBO, R. R. (Orgs.). Desenvolvimento, agricultura e sustentabilidade. Porto Alegre: UFRGS, 2016.
- [14] DIEDRICH, G. E.; BIONDO, E.; BULHÕES, F. M. Agroecologia e Bem Viver como modo de vida e como modelo sustentável de produção agrícola e de consumo de alimentos. Revista do Desenvolvimento Regional, Taquara, v. 18, n. 3, p. 230-255, 2021.
- [15] FEE. Fundação de Economia e Estatística. Resumo estatístico, 2018. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/detalhe/?municipio=Santana+do+Livramento>. Acesso em: 19 mar. 2023.
- [16] FERNANDES, A. C. S. de A. O pensamento agroecológico como quebra dos paradigmas da agricultura convencional: o crescimento do controle biológico no Brasil e o uso de defensivos químicos. Revista Terra Mundus, Buenos Aires, v. 6, n. 1, 2019.
- [17] FERNANDES, V. D. O pecuarista familiar na campanha Rio-Grandense (Santana do Livramento/RS). 178 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- [18] FERRON, J. da L.; TROIAN, A. O processo de implantação dos assentamentos rurais em Santana do Livramento (RS). Revista Economia e Desenvolvimento, Santa Maria, v. 32, 2020.
- [19] GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. A produção da autonomia: os “papéis” do autoconsumo na reprodução social dos agricultores familiares. Estudos Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1,

p. 89-122, 2007.

- [20] GAZOLLA, M. et al. Editorial: Agricultura familiar: contribuições para o desenvolvimento regional no sul do Brasil. DRd - Desenvolvimento Regional em debate, v. 12, ed. esp. (Dossiê), p. 1-6, 11 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.24302/drd.v12ied.Esp.Dossie.4174>
- [21] GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 2000.
- [22] HAIR JR., J. F. et al. Fundamentos de Pesquisa de Marketing. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- [23] HECHT, S. B. A. evolução do pensamento agroecológico. In: ALTIERI, M. A. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. 9. ed. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 2011.
- [24] IBF. Instituto Brasileiro de Florestas. Bioma Pampa. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-pampa>. Acesso em 16 mar. 2023.
- [25] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>. Acesso em: 16 mar. 2023.
- [26] LAMARCHE, H. A agricultura familiar: comparação internacional – uma realidade multiforme. Campinas: Fundação de Desenvolvimento da UNICAMP, v. 1,1993.
- [27] LIMA, A. F.; SILVA, E. G. de A.; IWATA, B. de F. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. Retratos de Assentamentos, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.
- [28] MACIEL, M. D. A. Desenvolvimento sustentável e as práticas inovadoras da agricultura familiar: O caso de Santana do Livramento/RS. 272 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal do Pampa. Santana do Livramento, 2022.
- [29] MACIEL, M. D. A.; TROIAN, A. A produção de novidades da agricultura familiar: O protagonismo dos sistemas orgânicos e agroecológicos no desenvolvimento sustentável. Desafio Online, Campo Grande, v.10, n.3, 2022.
- [30] MACIEL, M. D. A.; TROIAN, A.; OLIVEIRA, S. V. de. Brasil do agro, país da fome: pensando estratégias para o desenvolvimento sustentável. Espacio Abierto, Maracaibo, v. 31, n. 3, p. 23-41, 2022.
- [31] MACIEL, M. D. A.; TROIAN, A.; BREITENBACH, R. Inovação e sustentabilidade: As práticas da agricultura familiar agroecológica em Santana do Livramento/RS. Grifos, Chapecó, v. 32, n. 60, 2023.
- [32] MAIA, J. F. O Pampa Gaúcho e a contribuição da agricultura e da pecuária familiar no processo de desenvolvimento territorial. 201 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 2022.
- [33] MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- [34] MATTEI, L. O papel e a importância da agricultura familiar no desenvolvimento rural brasileiro contemporâneo. Revista Econômica do Nordeste, Ceará, v. 45, n. 5, p. 83-92, 2014.
- [35] NIEDERLE, P. A.; FIALHO, M. A. V.; CONTERATO, M. A. A pesquisa sobre agricultura familiar no Brasil-aprendizagens, esquecimentos e novidades. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 52, supl. 1, p. 09-24, 2014.
- [36] PLOEG, J. D. V. D. Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização. Trad. Rita Pereira. Porto Alegre: UFRGS. 2008.
- [37] PLOEG, J. D. V. D. Dez qualidades da agricultura familiar. Revista Agriculturas: experiências em agroecologia, Rio de Janeiro, n.1, 2014.
- [38] POZZEBON, L.; RAMBO, A. G.; GAZOLLA, M. As Cadeias Curtas das Feiras Coloniais e Agroecológicas: Autoconsumo e Segurança Alimentar e Nutricional. Desenvolvimento em Questão, Ijuí, v. 16, n.42, p. 405-441, 2018.
- [39] SABOURIN, E. et al. Abordagens em termos de sistemas alimentares e território no Brasil. In: GRISA, C. et al. (Orgs.). Sistemas Alimentares e Territórios no Brasil. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2022.
- [40] SANTOS, G. T. dos; OLIVEIRA FILHO, V. H. de; ROYER, R. Método para aplicar entrevistas em

profundidade: avaliando causas de baixo desempenho em um operador logístico. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 12, n. 04: p. 103-126, 2016.

- [41] SCHNEIDER, S. A diversidade da Agricultura Familiar. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- [42] SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. Diversidade e heterogeneidade da agricultura familiar no Brasil e algumas implicações para políticas públicas. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 31, n.2, p. 227-263, 2014.
- [43] SCHNEIDER, S. A presença e as potencialidades da agricultura familiar na América Latina e no Caribe. *Redes*, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 3, p. 11-43, 2016.
- [44] SCHWAB, P. I.; MORAES, J. A. de; CORRENT, A. R. Sistemas agroalimentares sustentáveis: a produção familiar e a comercialização local de alimentos orgânicos em Rolante-RS. *Revista do Desenvolvimento Regional*, Taquara, v.19, Ed. Especial 1(SOBER), 2022.
- [45] SEBRAE. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul. Perfil das cidades gaúchas 2020 Santana do Livramento, 2019. Disponível em: https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Santana_do_Livramento.pdf. Acesso em: 19 mar. 2023.
- [46] SOARES, P. R. R.; SASSI, L. O. A RIDE Metade Sul do Rio Grande do Sul e as escalas do planejamento regional. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, n. 34, p. 124-134, 2019.
- [47] SOUZA, A. B. de; FORNAZIER, A.; DELGROSSI, M. E. Sistemas agroalimentares locais: possibilidades de novas conexões de mercados para a agricultura familiar. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 23, 2020.
- [48] VEIGA, J. E. da. O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica. São Paulo: EDUSP, 1991.
- [49] WANDERLEY, M. de N. B. Agricultura familiar e campesinato: rupturas e continuidade. *Estudos Sociedade e Agricultura*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p.42-61, 2003.
- [50] WANDERLEY, M. de N. B. O mundo rural como um espaço de vida: reflexões sobre a propriedade da terra, agricultura familiar e ruralidade. Porto Alegre: UFRGS, 2015.

Capítulo 3

A juventude rural e as questões do êxodo rural: Uma breve revisão

Thiago da Silva Florêncio

Osmar Luis Silva Vasconcelos

Joab Magalhães Quirino

Itaan de Jesus Pastor Santos

Resumo: As questões relacionadas a juventude no campo é de fundamental importância para a compreensão do fenômeno chamado de êxodo rural. O objetivo desta revisão foi realizar uma reflexão que amplie a discussão da temática com base em trabalhos publicados na literatura. Na pesquisa foram utilizadas consultas em bases de informação do Google Acadêmico, Periódicos da CAPES, repositórios universitários e bases de informações governamentais, com prioridade para trabalhos publicados nos últimos cinco anos. O êxodo vem crescendo cada vez mais no meio rural dentre os jovens. Uma das principais causas para esse aumento é a falta e\ou deficiência de direitos básicos como educação e saúde de qualidade, além de cultura e lazer. A carência de investimentos e os processos burocráticos dos programas governamentais também influenciam na saída dos jovens do campo, contudo há jovens que não pensam em deixar o meio rural e darão continuidade a atividade herdada da agricultura familiar. A temática ainda necessita de maior discussão pela sociedade civil e acadêmica a fim de se esclarecer os impactos negativos causados por esse fenômeno histórico que começou na região nordeste e foi disseminado para outras regiões brasileiras.

Palavras-Chave: Jovens do campo. Agricultura familiar. Sucessão familiar. Migração.

1. INTRODUÇÃO

O entendimento das questões ligadas ao campo é primordial para o esclarecimento das necessidades que anseiam a juventude rural, tendo em vista que eles serão os possíveis herdeiros das terras e atividades inerentes ao setor. A partir da década de 1990, o percurso dos jovens advindos de classes populares, seja da zona urbana ou rural, testemunharam as consequências da globalização comercial, do afastamento de métodos produtivos e da transigência relacionada ao trabalho (BRASIL, 2014).

A constituição de Federal de 1988 juntamente com a Lei nº 12.852, de 5 de agosto de 2013 (BRASIL, 2013), conhecida como Estatuto da Juventude, traz diversas leis no que diz respeito às políticas ligadas à juventude, com intuito de tornar visíveis e dar proteção a esses sujeitos presente na zona urbana e rural, tendo em vista que é uma classe que representa um papel importante no desenvolvimento regional e local. Os jovens do campo vêm passando por várias mudanças, sobretudo, pela influência do êxodo rural nos decorridos anos (LUTHER; GERHARDT, 2018).

A migração provocou impactos negativos como o aumento populacional nos centros urbanos e toda uma consequência social agravada por esse fenômeno. Para o meio rural, as consequências da saída dos jovens do campo podem ser sentidas com processo de envelhecimento da população que reside em meio rural, provocando o agricultor a buscar alternativas que visem mitigar esse e outros impactos que contribuem para a desvalorização do trabalho no campo dentro da comunidade (TROIAN et al, 2009).

As pesquisas sobre juventude e os movimentos migratórios da zona rural ocupam uma área de buscas significativas dentro dos trabalhos acadêmicos, entretanto o tema sobre juventude rural ainda é meio escasso e gera uma série de complexidades e subtemas que podem ser trabalhados diante desse cenário.

Discorrer a respeito da comunidade juvenil que vive em assentamentos rurais mostra uma importância no que diz respeito ao desenvolvimento e prospecção da agricultura familiar (COSTA; RALISCH, 2013). Diante dessas constantes transformações que levam à migração da juventude do meio rural, o estudo propõe ampliar e fortalecer a reflexão acerca da temática a partir da análise de trabalhos publicados na literatura.

2. METODOLOGIA

Para o levantamento bibliográfico foram utilizadas bases de consulta do Google Acadêmico, periódicos da CAPES, repositórios universitários e bases de informações governamentais. As palavras chaves utilizadas nas bases de pesquisa foram: “juventude”, “juventude rural”, “migração”, “êxodo rural”, “agricultura familiar” e “políticas públicas”, com preferência a trabalhos publicados entre 2017 e 2023. Os critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos utilizados na revisão foram baseados na leitura dos títulos encontrados, quando atendidos, foram realizadas leitura dos resumos. A partir da leitura do resumo de cada pesquisa encontrada foi tomada decisão se o artigo atendia ou não a proposta desta revisão.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. A JUVENTUDE RURAL

A juventude pode ser considerada como uma fase transitória temporal de um indivíduo. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define juventude como a faixa etária compreendida entre 15 e 24 anos de idade de um indivíduo, essa mesma definição é adotada pelo Ministério da Saúde, contudo deve-se levar em consideração as características individuais e não apenas princípios cronológicos (BRASIL, 2007). Troian e Breitenbach (2018) pontuam que é necessário precisar referências de cunho acadêmico relacionadas ao entendimento do que é um jovem, quem pode ser chamado de jovem e quais especificações podem ser utilizadas para reconhecer a juventude também é de suma relevância para compreensão da população do campo.

Troian e Breitenbach (2018) utilizaram cinco aspectos para melhor conceituar a juventude: modo de vida ou cultura, faixa etária, ciclo de vida, representação social e geração. Martins (2021) também faz menção a conceituar e distinguir a juventude urbana e rural:

[..] estão bem demarcadas a juventude, a vida adulta e a velhice. A categoria juventude aparece como fase anterior à vida adulta. Essa fase da vida é, em geral, precedida de alguma espécie de rito de passagem: o fim dos estudos, o casamento, a chegada de filhos ou, ainda, o acesso ao mercado de trabalho. Para boa parte dos jovens urbanos, os marcadores de ingresso na vida adulta estão associados ao término dos estudos e à entrada no mundo do trabalho. Já para os jovens rurais, o casamento se apresenta, por diversas razões, como o principal marcador dessa passagem. Contrário aos jovens urbanos, geralmente mais escolarizados, a inserção no mercado de trabalho dos jovens rurais ocorre, a rigor, ainda na infância.

A OMS também define adolescente a faixa etária compreendida entre 12 e 19 anos, enquanto a legislação brasileira por meio do Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, utiliza-se da faixa cronológica entre 12 e 18 anos. (BRASIL, 2007). Portanto não existe um demarcador exato para definir o termo juventude pois alguns países não seguem a definição de juventude proposta pela OMS, no Quênia, a partir dos oito anos de idade, as pessoas já são consideradas jovens; em Botswana, jovens têm de 10 a 22 anos e, na Colômbia, entre 16 e 28 anos.

Dessa maneira, além de uma eventual importância do poder público, o conceito de juventude engloba uma diversidade de acontecimentos complexos e singulares que dificultam a conceituação de forma clara (SANDES; ALVES, 2021).

Os estudos sobre essa categorização contribuem na definição de perspectivas de planejamento de políticas públicas para a formação educacional, mercado de trabalho, ações em saúde e previsões demográficas de uma nação (MARTINS, 2021; SANDES; ALVES, 2021), tendo em vista que o estabelecimento de políticas públicas brasileiras segue recomendações de classificação da juventude dentro de faixas etárias (LIMA FILHO, 2015).

3.2. OS TIPOS DE MIGRAÇÃO

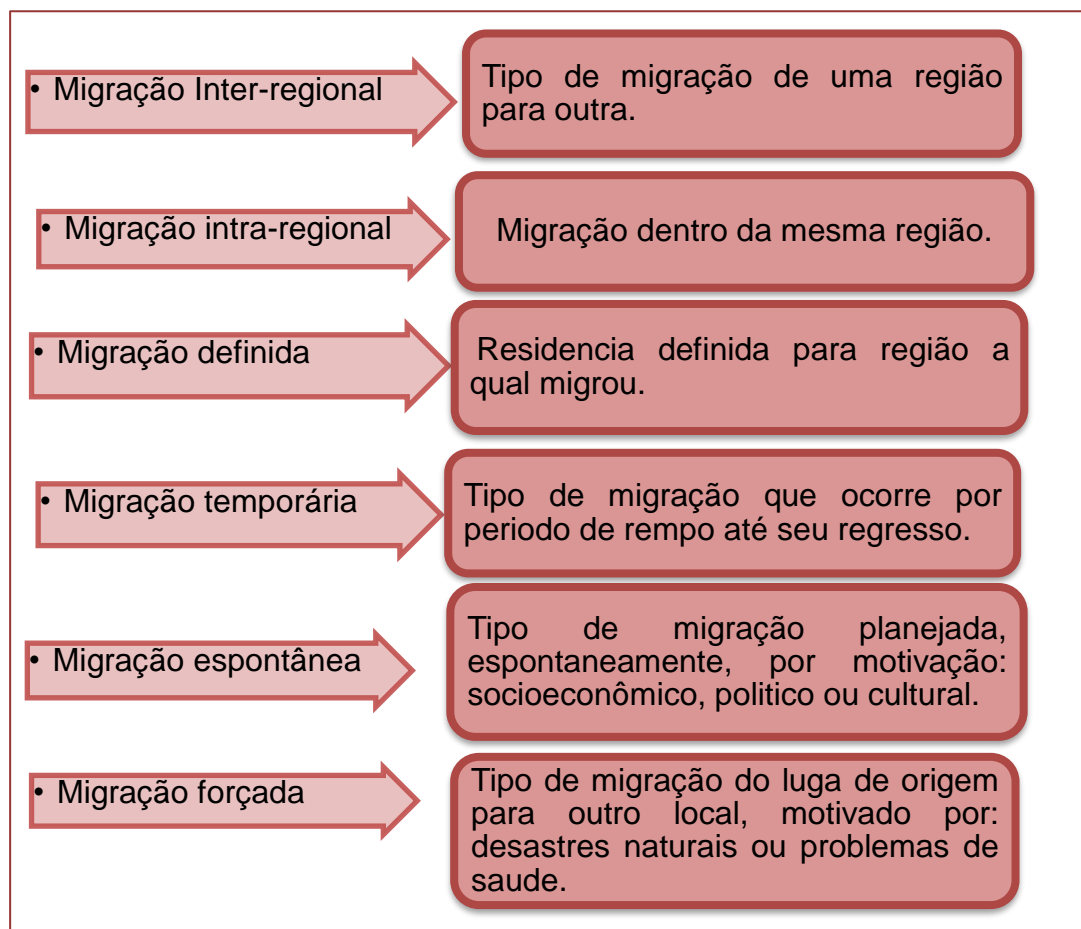
A migração apresenta-se como um processo de entrada (imigração) ou saída (emigração) de indivíduos de determinadas regiões. Os processos migratórios no Brasil têm sua origem em meados do Século XVIII, com o advento da revolução industrial, se intensificando ao longo da história com a expansão e fortalecimento do capitalismo (SILVA, 2015).

Muito antes das primeiras noções de territorialidade, os movimentos migratórios já faziam parte da história. Entretanto, verificou-se nos séculos XIX e XX um grande aumento no deslocamento da população por razões econômicas ou de guerra (PIMENTA; CARVALHO; ALMEIDA, 2021). Em países em desenvolvimento, tal relevância acaba assumindo um drama incontestável, dado a forte ligação existente entre as migrações internas e o processo de industrialização e urbanização que ocorre de maneira inigualitária (NUNES; SILVA; QUEIROZ, 2017).

Os fluxos migratórios têm a tendência de seguir paralelamente às transformações na sua dinâmica econômica, os migrantes, de forma geral, procuram se deslocar para as regiões com maiores oportunidades de emprego (NUNES; SILVA; QUEIROZ, 2017). Contudo, Matos (2012), pontua que esse processo de saída não é realizado de forma fácil, tendo em vista que as pessoas têm que se desfazerem de vínculos culturais e afetivos de seus locais de origem.

Os períodos de crise vivenciados na economia capitalista são recorrentes e que geram desemprego, pobreza, fome, dentre outras mazelas sociais. Em momentos críticos, lança-se mão de estratégias que visam deslocamento espaciais em busca de melhores oportunidades em outras localidades (DOTA; QUEIROZ, 2019).

A migração pode ser definitiva ou temporária e, as formas de migração, podem ser espontâneas ou forçadas. A migração interna, como mostra Figura 1, pode ser representada por dois tipos: migração inter-regional, quando o indivíduo sai de um estado para a outra região (mais comum no Brasil); e a migração intrarregional, ou seja, dentro da mesma região ou estado/município. A migração pode ser: definitiva ou temporária e as formas de migração podem ser: espontânea ou forçada.

Figura 1 – Tipos de migração interna

Fonte: Os autores (2023).

Entre os anos 1950 e 1980 a migração interna no Brasil, representou uma relevante função no contexto da urbanização, a justificativa para esse acontecimento fundamenta-se na instalação de uma forte planta industrial que provocou significativo desenvolvimento econômico (NUNES; SILVA; QUEIROZ, 2017). Conforme Nunes, Silva e Queiroz (2017) a região nordestina apresentou propensão de imigração populacional, no qual representou relevante fonte de mão de obra para a região Sudeste.

3.3. AS PRINCIPAIS CAUSAS DO ÊXODO RURAL

No Brasil, as pesquisas relacionadas ao êxodo rural nordestino vêm ganhando cada vez mais notoriedade, tendo em vista a perspectiva interdisciplinar associada a sua relevância que auxiliam entidades públicas a traçarem maneiras de que visem mitigar os impactos negativos causados pelo processo migratório (FONSECA et al 2015). O êxodo rural vem provocando efeitos negativos ao ambiente rural como a masculinização do trabalho rural, tendo em vista que grande parte dos emigrantes são mulheres e que a população do campo vem envelhecendo sem a fixação de jovens no meio rural (COSTA; RALISCH, 2013).

A condição no qual as mulheres rurais encontram é mais preocupante, tendo em vista que praticam atividades de manejo considerados “leves”, que ocasionam falta de interesse delas as práticas do campo levando-as a emigrarem para localidades urbanas em busca

de melhor remuneração (COSTA; RALISCH, 2013). O trabalho realizado na agricultura familiar também é afetado negativamente quando pais não estimulam que os filhos continuem na sucessão familiar e os encorajam a buscarem outras profissões fora da zona rural (MENEZES, SOUZA; PEREIRA, 2012).

A preocupação com a queda do efetivo rural reflete no fato de que ficam cada vez menos pessoas no campo para atender à crescente demanda de alimentos e de matéria-prima para as agroindústrias. A relevância desse desafio apoia-se em três razões fundamentais: a) o envelhecimento natural da população do campo; b) o êxodo rural; e c) o êxodo especialmente da juventude rural, a principal fonte de reposição da mão de obra rural (NOTTA; FAVRETTO, 2021).

Há grande preocupação dos pequenos agricultores familiares com a saída da juventude rural em direção aos centros urbanos, o que causa contradição ao que era corriqueiro a não muito tempo atrás onde ocorriam disputas patrimoniais entre os herdeiros na sucessão familiar (FARIAS; DAVID; MELO, 2015). A situação do êxodo entre os jovens rurais é agravada principalmente na região nordestina, iniciada historicamente por fatores climáticos encontrados nesta região.

No Nordeste os fluxos migratórios se intensificaram em consequência dos períodos de estiagem que devastaram o meio rural em fins do século XIX se estendendo aos dias atuais. Além da seca de 1887, que marcou o início das migrações, a seca de 1915 também deixou marcas profundas na história do sertanejo [...] (SILVA, 2016).

Contudo, é válido ressaltar, que não há desejo de migração por parte de todos os jovens que moram no campo, pelo contrário, há extrema vontade de permanência e desejo de continuidade das atividades herdadas no campo (BRASIL, 2014).

De acordo com Silva (2016) o êxodo inter-regional ocasionado pelo fator ambiental fez com que muitos produtores saíssem da sua região em busca de melhores condições de sobrevivência. Para Fonseca et al (2015) o problema do êxodo rural também está associado ao avanço da mecanização na agricultura, tendo em vista que a maioria dos pequenos agricultores não conseguem acompanhar esse avanço tecnológico em suas propriedades, causando conseqüentemente uma perda de competitividade no mercado agrícola. Além disso, a carência de subsídios governamentais é apontada como uma das causas que tornam a atividade rural cada vez menos atraente para a agricultura familiar (FONSECA et al, 2015).

A temática sobre a realidade dos jovens que pretendem sair das atividades rurais é discutida em estudo proposto por Costa e Ralisch (2013), no qual é principalmente citado pelos jovens a não identificação com o cotidiano no campo. Puntel et al (2011) também relatou dificuldades enfrentadas pelos jovens do campo, como: reduzida remuneração, dificuldades na aquisição de crédito, falta de título de terras e falta de acesso a direitos primários como saúde e educação, além de cultura e lazer. O desejo de migrar do meio rural está atrelado a necessidade dos jovens em buscar realizações pessoais e

profissionais possivelmente encontradas mais facilmente em meio urbano (MENEZES; SOUZA; PEREIRA, 2012).

Os pesquisadores do êxodo rural concordam que o processo migratório da juventude da zona rural é relacionado principalmente com educação, onde o patriarca da família direciona seus filhos para os centros urbanos com intuito de adquirirem melhores condições de educação, devido a carência das comunidades em não possuírem um sistema educacional efetivo que, em grande parte, possuem apenas da primeira à quarta série. De acordo com Luther e Gerhardt (2018):

Na década de 1940 mais de 50% dos brasileiros com 15 anos ou mais não sabiam ler e escrever. Em 2010 ainda existia cerca de 10% da população analfabeta. Porém essa média não representa a realidade nas áreas com localização diferenciada. Há um contraste entre o acesso à alfabetização das populações que vivem na cidade e no campo. A taxa de analfabetismo na zona urbana é 7,3% e na zona rural é de 23,2%.

A escolaridades da zona rural e urbana são distintas levando em consideração que a zona rural é carente de estruturas e de profissionais habilitados para trabalhar nas comunidades rurais, a falta de formação superior de professores em escolas rurais e o atraso dos estudantes nas séries obrigatórias. O ambiente rural apresenta os piores índices de qualidade não só no quesito educação, mas também em outras áreas de forte representação social, mesmo depois de ser iniciada a “Revolução Verde” nos anos 1960 e 1970 (PEREIRA; CASTRO, 2021).

Boa parte dos jovens que saem do campo em busca de novas oportunidades de estudos e de empregos, não retornam ao meio rural, com o envelhecimento dos seus pais eles tendem a vender suas propriedades para os grandes latifundiários que estão distribuídos por toda região brasileira.

3.4. A JUVENTUDE RURAL E A AGRICULTURA FAMILIAR

Dentro da agricultura destacam-se “dois tipos de agricultura”: a agricultura familiar e a não familiar que contribuem diretamente para o desenvolvimento econômico interno (AQUINO; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2018). A agricultura familiar era conceituada como de subsistência e atrelada a pobreza, contudo com o desenvolvimento do campo, esse conceito foi modernizado e passou a ter sua relevância notada nos cálculos da Produção Interna do Brasil - PIB (BEZERRA; SCHLINDWEIN, 2017).

A agricultura familiar pode ser caracterizada pelo controle da família a mão de obra, predominante familiar, sobre os meios de produção e ao mesmo tempo pela efetivação do trabalho, geralmente em pequenas áreas de terras. A agricultura familiar está vinculada à segurança alimentar, bem como à produção agroecológica de alimentos de origens tradicionais. Bacon (2022) ressalta a importância da atividade familiar na economia brasileira:

“Pela mesa do povo brasileiro, a nossa agricultura familiar responde por 60% dos alimentos consumidos, sendo milho: 49%, feijão: 67%, mandioca: 84 %, leite: 52 %, suínos: 58 %, aves e ovos: 40%. O Paraná tem aproximadamente 321 mil propriedades com

esse perfil. Responsável por 60% dos alimentos consumidos em todo o País, a agricultura familiar avança e pode ser medida por seus números. Presente em mais de 80% dos imóveis do campo do País, cerca de 4,1 milhões de propriedades, empregando cerca de sete em cada dez trabalhadores do campo e respondendo por cerca de 60% dos alimentos consumidos pelo brasileiro`` (BACON, 2022).

As Organizações das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) vêm reconhecendo as ações brasileiras de importância nas políticas públicas que contribuem para agricultura familiar como o Programa de Nacional de Agricultura Familiar e a Política Nacional de Agricultura Familiar, criadas em 1996 e em 2006, respectivamente como forma de subsidiar o setor (BRASIL, 2023). Contudo a Lei n. 11.326, promulgada em 2006 e que estabeleceu diretrizes para o setor, não abrangeram as necessidades da juventude rural (COSTA; RALISCH, 2013).

Na lei criada em 2006, mesmo sabendo que os jovens fazem parte do componente familiar, a Lei n. 11.326 não especifica as atribuições da juventude, importância esta ressaltada por Bacon (2022).

A sobrevivência das unidades de produção familiar está relacionada também à fixação da juventude no campo, tendo em vista que os filhos seriam os responsáveis em dar continuidade às atividades agropecuárias da família. Isto nos leva a pensar sobre a relação da teoria e prática, ensino e trabalho e, ao mesmo tempo, buscar o significado que tem o trabalho na vida dos jovens camponeses. (BACON, 2022).

A agricultura familiar depende da renovação da população da zona rural, ou seja, que a juventude permaneça no campo desenvolvendo a produção agropecuária. Este procedimento é firmado como uma forma de socializar a juventude na lógica das atividades rurais familiares, tornando possível a transferência de conhecimentos fundamentais à reprodução social do próprio procedimento em meio ao núcleo familiar (WEISHEIMER, 2022).

No novo cenário de modernização do campo, a juventude cria suas histórias, metas e ambições com influências e influenciando as modificações demográficas, econômicas e sociais hodiernas (NOTTA; FAVRETTO, 2021). O procedimento de sucessão familiar aos jovens deve seguir aspectos característicos inerentes ao sucessor, essas características de gerência da propriedade rural podem ser repassadas pelo patriarca ou matriarca da família (NOTTA; FAVRETTO, 2021). Weisheimer (2022) pontua que os jovens do campo possuem características sociais únicas em decorrência do meio em estão situados e que as relações de trabalho são baseadas na mutualidade das atividades rurais e não em aspectos salariais.

O processo de sucessão na agricultura familiar se apresenta como um dos fatores mais importantes dentro dessa categoria, a transmissão de conhecimentos, saberes e costumes possibilitam que esses conhecimentos não sejam perdidos no tempo. O estímulo à juventude rural deve ser realizado desde cedo pelos pais ou responsáveis. Em consonância com Silva e Dornelas (2020), é a partir do espaço adquirido em meio a produção rural que o jovem do campo poderá tomar a decisão de permanecer no meio ao

qual já está inserido, tendo em vista que a sua participação no trabalho propicia diretamente na sua predileção pelo ambiente agrícola. A sucessão familiar em momento oportuno também representa uma forma de mitigar o êxodo rural dos jovens, uma vez que o jovem sabe que irá herdar o negócio familiar.

3.5. O JOVEM NO CAMPO E AS POLÍTICAS PÚBLICAS

A continuidade da juventude no meio rural possui relevância para as comunidades fundadas por seus antepassados, como comunidades quilombolas e de assentamentos da reforma agrária. A participação da juventude em assentamentos se torna altamente importante para disseminação social no meio rural, bem como para a manutenção dos próprios assentamentos (MENEZES; SOUZA; PEREIRA, 2012).

A construção de um ambiente mais participativo que proporciona alternativas de fixação do jovem no campo como acesso a tecnologias digitais é ressaltada por Costa e Ralisch (2013) como uma forma demandada pela juventude para desenvolvimento da comunidade na qual estão inseridas com a participação deles próprios.

Essas medidas possibilitam a fixação do jovem agricultor no campo, juntamente com iniciativas governamentais com inclusão de políticas públicas para a categoria juventude rural, pois o quadro de ausência de políticas públicas foi alterado no governo de Fernando Henrique Cardoso, com foco na juventude a partir do surgimento de ações públicas nas esferas do governo federal, e no governo do Luiz Inácio da Silva (LULA) a temática da juventude conseguiu maior destaque com os programas: Programa Nacional de Inclusão de Jovens (2003); Jovem no Pronaf e o selo Nossa Primeira Terra (NPT) no Programa Nacional de Crédito Fundiário (BARCELLOS, 2017).

As políticas públicas voltadas para a juventude nos últimos anos têm como intuito incentivar o jovem rural. Para ter acesso a Linha de crédito do Pronaf Jovem tem como beneficiários jovens ter a idade mínima de 16 a 29 anos, integrantes de unidades familiares que atendam a uma ou mais das seguintes condições, além da apresentação da Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) (BARCELLOS, 2017).

A burocracia e as exigências estipuladas pelo Banco Central do Brasil (BRASIL, 2022), para a participação ao acesso do crédito pelos jovens agricultores impossibilita a real e efetiva adesão da juventude a essas linhas de crédito, dificultando o desenvolvimento de seus trabalhos nas comunidades. O PRONAF apresenta também os subprogramas, com modalidades que visam uma inclusão mais específica, porém também restritos e burocráticos.

Já o Programa Nacional de Crédito Fundiário (PNCF), que possui linhas de crédito voltados para juventude rural entre 18 e 29 anos, denominado de Nossa Primeira Terra (NPT), favorece filhos e filhas de agricultores sem acesso a terra (MAIA; SANTANA; SILVA, 2018). Esse programa possui uma relevada importância para o jovem agricultor, tendo em vista que a modalidade desse tipo de crédito incentiva a juventude na independência dentro do meio rural, sendo ele titular de sua própria terra.

Para Borges (2018) programas como o Programa Nacional de Educação e Reforma Agrária (Pronea), Assistência técnica e Extensão Rural (ATER) voltado a juventude, Pronaf Jovem e o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec) ainda são pouco conhecidos e necessitam de maior e melhor divulgação para os jovens do campo, contudo as políticas públicas não devem ser sinônimos de programas, pois a

maioria dos programas podem ser descontinuados em mudanças de governo (BRASIL, 2014).

De acordo com o Art. 4º da lei nº 12.852, de 5 de agosto de 2013 - Lei da Juventude - fica estipulado que:

O jovem tem direito à participação social e política e na formulação, execução e avaliação das políticas públicas de juventude. Entende-se por participação juvenil: a inclusão do jovem nos espaços públicos e comunitários a partir da sua concepção como pessoa ativa, livre, responsável e digna de ocupar uma posição central nos processos políticos e sociais; o envolvimento ativo dos jovens em ações de políticas públicas que tenham por objetivo o próprio benefício, o de suas comunidades, cidades e regiões e o do País; a participação individual e coletiva do jovem em ações que contemplem a defesa dos direitos da juventude ou de temas afetos aos jovens; e a efetiva inclusão dos jovens nos espaços públicos de decisão com direito a voz e voto (BRASIL, 2013)..

Nesta mesma lei fica estabelecido que é de responsabilidade do poder público o incentivo da juventude na criação de associações juvenis em que os mesmos possam ter representatividade. Todavia, afirma que a juventude e a juventude rural ainda não é favorecida pelas políticas públicas voltadas à juventude (CASTRO, 2009).

4. CONCLUSÃO

O êxodo rural no Brasil precisa ser mais bem discutido pela sociedade e academia a fim de se esclarecer os impactos negativos causados por esse fenômeno histórico que começou na região nordeste e foi disseminado para outras regiões brasileiras.

A mínima atenção nas áreas da educação, saúde, lazer e cultura foram apontados pela literatura como uma das principais causas que podem levar a juventude migrar das áreas urbanas para centros urbanos, em busca de melhores oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional. Diante do exposto, a juventude rural ainda carece de investimentos em políticas públicas que proporcionem a visibilidade da classe juvenil dentro e fora do campo.

REFERÊNCIAS

- [1] AQUINO, Joacir Rufino de; GAZOLLA, Marcio; SCHNEIDER, Sergio. Dualismo no campo e desigualdades internas na agricultura familiar brasileira. Revista de economia e sociologia rural, v. 56, p. 123-142, 2018.
- [2] BACON, Vânia R. O papel da educação do campo para o incentivo e a permanência do jovem à frente da agricultura familiar, Monografia (especialização) Setor Litoral, Curso de Especialização em Educação do Campo Universidade Federal do Paraná, 2022. p. 1-14, 2022.
- [3] BARCELLOS, Sérgio. As políticas públicas para a juventude rural: o pronaf jovem em debate, planejamento e políticas públicas, Brasília, p. 15-173 jan./jun, 2017.
- [4] BEZERRA, Gleicy Jardi; SCHLINDWEIN, Madalena Maria. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. Interações (Campo Grande), v. 18, p. 3-15, 2017.

- [5] BORGES, H.A.R: Diagnóstico situacional e diretrizes para políticas públicas para as juventudes rurais brasileiras. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais – IVIG, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2018.
- [6] BRASIL. BANCO CENTRAL DO BRASIL. CRÉDITO RURAL: programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar (pronaf) - 10. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) - 10. 2022. Crédito de Investimento para Jovens (Pronaf Jovem) - 10. Atualização MCR nº 708, de 11 de julho de 2022. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr/manual/09021771806f4fd1.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- [7] BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sobre o tema: agricultura familiar. Agricultura Familiar. Parque Estação Biológica - PqEB. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-agricultura-familiar/sobre-o-tema>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- [8] BRASIL. LEI Nº 12.852, DE 5 DE AGOSTO DE 2013: dos direitos e das políticas públicas de juventude. DOS DIREITOS E DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE JUVENTUDE. 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12852.htm. Acesso em: 28 dez. 2022.
- [9] BRASIL. Secretaria Nacional de Juventude Estação juventude: conceitos fundamentais – ponto de partida para uma reflexão sobre políticas públicas de juventude. Org. Helena Abramo. – Brasília: SNJ, 2014. 128p.
- [10] BRASIL. Sistema Nacional de Juventude (SINAJUVE): Estatuto da Juventude: BRASIL, 2013.
- [11] BRASIL. Marco legal: saúde, um direito de adolescentes. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007. 60 p. Área de Saúde do Adolescente e do Jovem. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/07_0400_M.pdf. Acesso em: 01 jan. 2023.
- [12] CASTRO, Elisa Guaraná de. Juventude rural no Brasil: processos de exclusão e a construção de um ator político. Revista latinoamericana de ciências Sociales, Niñez y juventud, v. 7, n. 1, p. 179-208, 2009.
- [13] COSTA, Fernando L.; RALISCH, Ricardo. A juventude rural do assentamento Florestan Fernandes no município de Florestópolis, Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR), Piracicaba-SP. Vol. 51, Nº 3, p. 415-432, 2013.
- [14] DOTA, Ednelson M.; QUEIROZ, Silvana. Migração interna em tempos de crise no Brasil. Rev. Bras. Estudo. Urbanos Reg, são paulo, V.21, N.2, p. 415-430, maio-ago, 2019.
- [15] FARIAS, Leonardo; DAVID, Marli Neri; MELO, Verena Novaes. Êxodo Rural do Jovem no Estado da Bahia. 2015. 22 f. TCC (Especialização) - Curso de Especialização Gestão Estratégica em Políticas Públicas, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2015.
- [16] FONSECA, W L. E. A. Causas e Consequências do Êxodo Rural No Nordeste Brasileiro, Revista científica da fundação educacional de ituverava, São Paulo, p 233-239, 2015.
- [17] LIMA FILHO, Irapuan. A juventude como estética. Revista coletiva. N 17, set/out/nov/dez. 2015.
- [18] LUTHER, Alessandra; GERHARDT, Tatiana. Educação obrigatória, êxodo rural e fechamento das escolas do campo no brasil, Saberes da Amazônia Porto Velho, vol. 03, nº 07, p. 281-310, Jul-Dez 2018, 2018.
- [19] MAIA, Ana; SANTANA, Antonio; SILVA, Flaviana. C. Políticas Públicas de Acesso à Terra: uma análise do Programa Nacional de Crédito Fundiário, em Nova Xavantina (MT). Resr, Piracicaba-SP, vol. 56, Nº 02, p. 311-328, Abr./Jun 2018
- [20] MARTINS, Leonardo. Juventude rural no Brasil: referências para debate. Estudos Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro-RJ. p. 94-112, fev/ mar, 2021.
- [21] MENEZES, Anizia; SOUZA, Bruna. S; PEREIRA, Viviane. S. Perspectivas da juventude rural no ensino superior. VI Colóquio Internacional: educação e contemporaneidade, São Cristóvão- CE, p. 1-14, 2012.
- [22] NOTTA, Luiz A.; FAVRETTO, Jacir. A determinação dos jovens rurais e a sucessão na agricultura familiar. Desenvolvimento em Questão, Rio Grande do Sul, p 343-358, abr./jun, 2021.
- [23] NUNES, Erivelton. S; SILVA, João. G; QUEIROZ, Silvana. Migração inter-regional no brasil: o que há de novo? Revista de Desenvolvimento Econômico, Salvador- BA, v. 2, N 37, p. 388 – 407, 2017.
- [24] PEREIRA, Caroline Nascimento; CASTRO, César Nunes de. TD 2632 - Educação no Meio Rural:

diferenciais entre o rural e o urbano. Texto Para Discussão, [S.L.], p. 1-64, 1 mar. 2021.

[25] PIMENTA, Marina A.; CARVALHO, Rita. C. R; ALMEIDA, Valquiria. Migrações internas no Brasil e sua interface com a migração internacional. Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos, Goiânia, p.1-26. 14 mar. 2021.

[26] PUNTEL, Jovani A.; PAIVA, Carlos ; PATTA RAMOS, Marília. Situação e perspectivas dos jovens rurais no campo. Anais do I Circuito de Debates Acadêmicos, Brasília- DF, p. 1-20, 2011.

[27] SANDES, Alano J. S.; ALVES, Ana E. S. A. Panorama da Literatura Científica Sobre a Juventude Rural no Brasil: Uma Revisão Sistemática. Revista Rural & Urbano, Recife. v. 06, n. 01, p. 180 – 193, 2021.

[28] SILVA, Iolanda. P. Êxodo rural: os processos migratórios nos territórios rurais no Estado do Ceará. Revista Diálogos Acadêmicos, Fortaleza- CE, v. 4, n. 1, p. 59-66, jan./jun, 2015.

[29] SILVA, Natália; DORNELAS, Myriam A. SUCESSÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR: percepção de pais agricultores sobre a permanência de jovens no meio rural. Anais do IV Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), Online, 30 out. p. 1-30, 2020.

[30] TROIAN, Alessandra; BREITENBACH, Raquel. Jovens e juventudes em estudos rurais do Brasil. Interações – Revista Internacional de Desenvolvimento Local, Campo Grande – MS, p. 789-802, 05 out, 2018.

[31] WEISHEIMER, Nilson. Um movimento de jovens agricultores familiares. Estudos Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro. p. 1-32, 21 fev, 2022.

Capítulo 4

A importância do médico veterinário na saúde pública: Uma revisão de literatura

Dhiogo Raphael Aguiar Barreto

Urias Fagner Santos Nascimento

Amanda de Jesus Fonseca

Weslla Fernanda dos Santos Aguiar

Pryanka Thuyra Nascimento Fontes

Leonardo Carvalho Goes

Resumo: A medicina veterinária é uma das profissões mais antigas e importantes para a garantia da saúde, pois atua na prevenção e cura das doenças em animais visando a sanidade humana. Assim, embora a medicina veterinária se relacione intimamente à salubridade animal, a profissão vai além quando garante a prevenção de possíveis moléstias contagiosas aos humanos, seja através dos animais ou de alimentos derivados destes. A formação multidisciplinar da medicina veterinária favorece os profissionais na busca de soluções para problemas existentes na saúde pública. Dessa forma a difusão de conhecimento técnico para a sociedade é facilitada, além da cooperação técnica com os demais profissionais de saúde, o que facilita a tomada de decisão e a elaboração de estratégias epidemiológicas, a fim de garantir a interrupção de ciclos de doenças, sua propagação ou ainda a erradicação nos animais, impedindo que cheguem aos humanos. Neste cenário, o profissional será responsável pelo diagnóstico, controle e erradicação de doenças zoonóticas, estudos comparativos envolvendo doenças não infecciosas animais e sua comparação com a apresentação das doenças em humanos, além da vigilância sanitária, inspeção de alimentos de origem animal, estudo de problemas de saúde humana ou ambiental relacionados a indústrias animais, pesquisas e coordenação de programas de saúde pública. Por fim, verifica-se que a atuação do médico veterinário na saúde pública é muito ampla, sendo um profissional de suma importância para a prevenção de doenças e promoção do bem-estar animal e social, que atua na gestão e planejamento sanitário, além da vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental.

Palavras-chave: Saúde única, zoonoses, medicina veterinária, saúde coletiva.

1. INTRODUÇÃO

A medicina veterinária é uma das profissões mais antigas e importantes, pois atua na prevenção e cura das doenças zoonóticas em animais tendo como finalidade a saúde humana. Assim, embora a medicina veterinária esteja muitas vezes intimamente relacionada à saúde animal, a profissão vai além quando garante a prevenção de possíveis moléstias contagiosas transmitidas aos humanos através dos animais ou dos produtos derivados destes destinados à alimentação humana (AMARAL, 2018).

Quando atua na saúde pública, o médico veterinário é responsável pela inspeção de alimentos, vigilância sanitária e epidemiológica e controle da qualidade de produtos de origem animal, estas garantias estão expressas na Lei 8.080 de 1990 e no artigo 200 da Constituição Federal de 1988 (AMARAL, 2018).

A formação multidisciplinar da medicina veterinária auxilia tais profissionais na busca de soluções para problemas diversos existentes na saúde pública. Assim, a difusão de conhecimento técnico para a sociedade é facilitada, além da cooperação técnica com os demais profissionais de saúde, facilitando a tomada de decisão e a elaboração de estratégias epidemiológicas a fim de garantir a interrupção de ciclos de doenças, sua propagação ou erradicação nos animais, impedindo que cheguem aos humanos (ZYLBERSZTAJN e AVILA-PIRES, 2004).

As zoonoses constituem um dos maiores problemas na saúde pública, causando patologias severas e importantes prejuízos econômicos, sejam por perdas em rebanhos ou pelos custos com o tratamento dessas doenças em humanos. Esse grupo de doenças muitas vezes chega aos humanos pelo consumo de produtos de origem animal contaminados, que muitas vezes alcançam o mercado de forma clandestina (GUIMARÃES e CORADASSI, 2012).

Neste cenário, os médicos veterinários atuam na clínica dos animais, impedido que adoecem, ou na inspeção e tecnologia dos alimentos, evitando que alimentos impróprios para consumo cheguem à mesa dos consumidores, veiculando doenças à população (COSTA, 2011).

Independente da forma como a profissão é exercida, terá como objetivo principal a saúde humana. Este trabalho tem, portanto, o objetivo de fazer uma revisão bibliográfica acerca da atuação do Médico Veterinário na Saúde Pública.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A HISTÓRIA DA MEDICINA VETERINÁRIA

Na sociologia entendemos que o surgimento das profissões nasce com a necessidade social na qual o indivíduo está inserido, como medida de intervir no funcionamento de algo para que sejam aplicados métodos e técnicas que otimizem o trabalho (CARVALHO et al., 2017).

Com o início da domesticação dos animais veio a necessidade do tratamento quando adoeciam, surgindo então os primeiros relatos da profissão (ZYLBERSZTAJN e AVILA-PIRES, 2004). Tais registros são datados por volta do ano de 2000 a. C. na região da Ásia e da África, em uma área que abrange todo o oeste do Egito e Leste da Índia. A princípio, o médico veterinário adveio como um profissional de combate a enfermidades e redução de perdas de animais por doenças, a partir daí surgiu a medicina veterinária preventiva, a fim de combater a diminuição dos pequenos rebanhos (SILVA, 2018).

Com o estabelecimento dos grandes reinados e consequente formação de exércitos, cuja locomoção era necessária, eram utilizados cavalos que, inevitavelmente, se feriam em campos de batalha. Havia assim uma demanda pela presença de pessoas responsáveis por tratar os animais e restabelecê-los. Houve também um aumento de contato entre a população humana e animais domesticados, justificando o surgimento da função (MIRANDA, 2018).

Em 1762 foi criada a primeira escola de medicina veterinária em Lyon na França, e teve início a medicina veterinária moderna baseada em critérios científicos, que se expandiu por toda a Europa, alcançando, no final do século XVIII, dezenove escolas de medicina veterinária em funcionamento (ZYLBERSZTAJN e AVILA-PIRES, 2004).

No Brasil a primeira escola de medicina veterinária surgiu no Rio de Janeiro em 1913, e em 1914 em Olinda/PE foi fundada a Escola de Agronomia e Veterinária de Pernambuco, responsável por diplomar o primeiro médico veterinário do Brasil, em 13 de novembro de 1915. A primeira mulher diplomada médica veterinária foi Nair Eugênia Lobo, no ano de 1929, na Escola Superior de Agricultura e Veterinária, atualmente Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CARVALHO et al., 2017).

Em 9 de setembro de 1933, foi publicado o decreto nº 23.133, pelo então presidente da república Getúlio Vargas, que regulamentou a profissão de médico veterinário no Brasil (CARVALHO et al., 2017).

Em 23 de outubro de 1968, passou a vigorar a Lei 5.517, que dispõe sobre o exercício da profissão e cria o Conselho Federal de Medicina Veterinária, assim como os Conselhos Regionais de Medicina Veterinária, órgãos responsáveis pela fiscalização profissional do médico veterinário, suas funções, direitos e obrigações (CARVALHO et al., 2017).

2.2. A MEDICINA VETERINÁRIA E A SAÚDE PÚBLICA

Até o final do século XX a medicina veterinária foi uma ciência voltada ao tratamento e cura de doenças que acometiam animais. Mas o perfil profissional mudou no século seguinte para atender as demandas sociais, unindo a profissão às demais ciências naturais e sociais, e alcançando a multidisciplinaridade aplicada hoje no processo de formação (COSTA, 2011).

Apesar de ainda serem profissionais indispensáveis ao tratamento animal, seja na cura, controle, prevenção ou erradicação de doenças, os médicos veterinários são também habilitados para atuação em diversas áreas da saúde pública, pois possuem em sua graduação embasamento nas ciências biomédicas (GOMES, 2017). Sua formação deve ser baseada em sólidos conhecimentos acerca da saúde coletiva, e seus profissionais moldados de forma a uma atuação conjunta com os demais profissionais da saúde (CASTRO, 2016).

Quando atuante a nível de coletividade, o médico veterinário deve estar capacitado para o ensino, pesquisa, extensão e vigilância em saúde, seja epidemiológica, sanitária, ambiental ou do trabalhador. Assim sendo, é o profissional responsável pelo diagnóstico, controle e erradicação de doenças zoonóticas, através de estudos comparativos de enfermidades que acometem animais e sua apresentação em seres humanos, atuando na vigilância sanitária, inspeção de alimentos de origem animal, estudo de problemas de saúde humana ou ambiental relacionados a indústrias animais, como defesa sanitária

animal e segurança alimentar, pesquisa em saúde e formulação e coordenação de programas de saúde pública (CASTRO, 2016).

2.3. ZONOSSES E SAÚDE PÚBLICA

O processo de globalização facilitou a locomoção de pessoas e animais entre as diversas partes do mundo de maneira muito rápida, favorecendo a disseminação de agentes infecciosos. Associado à rápida expansão de zonas urbanas em direção a áreas de matas, facilitou o contato de pessoas e animais domésticos com patógenos até então desconhecidos, contra os quais não existe tratamento ou imunidade prévia no organismo (GOMES, 2017).

O conceito de doença emergente está relacionado a doenças que surgem em uma população de maneira inesperada ou que já existiam, mas que se espalham de forma rápida e desordenada. A expansão dessas doenças se relaciona à introdução de agentes etiológicos por uma nova espécie animal, ou por mutação genética que determina o aumento da capacidade de infecção e/ou resistência a tratamentos convencionais (GOMES, 2017).

A constatação precoce de doenças animais e seu correto tratamento, assegura que zoonoses não serão carregadas por alimentos de origem animal, e evita que os que estiverem acometidos por doenças transmissíveis em sua fase ativa transmitam tais patologias aos seres humanos. Este fato é especialmente relevante quando se fala dos animais de companhia, que têm contato direto com seus tutores, por vezes dividindo o mesmo ambiente (FRIAS, MARIANO e PINHEIRO JUNIOR, 2009).

As zoonoses representam 75% das doenças emergentes no mundo e são responsáveis por incontáveis perdas para a saúde humana e animal. Por serem facilmente transmissíveis, essas enfermidades merecem atenção, principalmente quando afetam cães e gatos, pois são os animais de companhia mais comuns do mundo. São necessários programas de educação em saúde que sejam bem estruturados, a fim de sensibilizar a população que o bem-estar dos animais se reflete diretamente na saúde humana, visto que o estresse é determinante na redução da imunidade e, conseqüentemente, no desenvolvimento das doenças (MAYORGA et al., 2018).

Atualmente as doenças emergentes de maior destaque mundial são: tuberculose, toxoplasmose, brucelose, raiva, tétano, leptospirose e a *larva migrans* cutânea e visceral. Estas doenças podem ser transmitidas pelo contato direto com animais infectados, mordeduras e arranhaduras ou pela ingestão de água e alimentos contaminados, podendo manter-se de forma assintomática por anos ou terem manifestação fatal. Por isso é importante que médicos veterinários estejam atentos a quaisquer sinais que possam indicar enfermidades em rebanhos (RÊGO et al., 2013).

A saúde humana e animal tem uma grande correlação, e o equilíbrio entre elas depende da sanidade e bem-estar tanto de um como do outro. Justifica-se assim a inserção do médico veterinário na saúde pública, atuando na vigilância epidemiológica e ambiental, garantindo à sociedade a segurança e a qualidade da sanidade coletiva (ZIECH e VACOVSKI, 2018).

2.4. SAÚDE PÚBLICA, SAÚDE ÚNICA E SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (SUS)

Segundo a OMS existe uma correlação estreita entre ambiente, doenças dos animais e saúde humana. As interações entre eles ocorrem de diversas maneiras e podem ser responsáveis pela disseminação de patógenos, estando diretamente ligados com a saúde coletiva. Embora aconteça uma distinção na literatura entre saúde pública e saúde coletiva, ambas trabalham juntas em busca do pleno bem-estar social (ZYLBERSZTAJN e AVILA-PIRES, 2004).

Com o aprofundamento da discussão entre esses dois conceitos de saúde, pública e coletiva, pode-se compreender o nascimento e fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS), pois compete a este órgão atuar em todos os processos de cunho sanitário e infeccioso, bem como redução de riscos para a sociedade (FRIAS, MARIANO e PINHEIRO JUNIOR, 2009).

Segundo Rêgo *et al.* (2013), o surgimento do debate que responsabiliza o Estado como interventor da saúde pública começou na Alemanha por volta do ano de 1779, quando Johan Peter Frank (1745-1821), lançou uma obra chamada “*System Einer Vollständigen Medicinischen Polizey*”, que trazia o conceito de polícia médica ou sanitária e revolucionou toda a Europa. Com isso, em 1848 o Parlamento da Grã-Bretanha protocolou a primeira Diretoria Regional de Saúde, encarregada de recrutar médicos sanitaristas e propor medidas de saúde pública.

No Brasil o debate sobre saúde pública começou com a chegada da Família Real, que destinou investimentos em infraestrutura para a criação de cursos universitários de medicina, cirurgia e química. E assim, os médicos formados no Brasil foram substituindo os estrangeiros. A atuação destes profissionais se limitava às Casas de Santa Misericórdia, que foram determinantes para a implementação de tratamentos de saúde no território nacional (RÊGO *et al.*, 2013).

Após a Constituição de 1988 a saúde começou a ser um dever do Estado e um direito de todos, originando uma base para o Sistema Único de Saúde, que prevalece até hoje. Em 1990 a Lei Federal nº 8.080 regulamentou o SUS, com o propósito de caracterizar e formular políticas públicas de saúde para impulsionar os campos econômicos e sociais, divulgar os fatores que condicionam e norteiam a saúde, e criar ações para a prevenção e cura de doenças, garantindo assistência básica à população (SILVEIRA e NOGUEIRA, 2018).

Apenas no ano de 2012 o médico veterinário começou a atuar no Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF), reconhecido, então, como profissional da área da saúde (CARVALHO *et al.*, 2017).

2.5. O MÉDICO VETERINÁRIO COMO AGENTE DO MODELO DE SAÚDE ÚNICA

Mundialmente vários termos são utilizados para a definição de “One Medicine”, sendo um termo de padronização dificultada. Assim, muitos autores adaptaram o termo “One Health” para uso na saúde pública, a fim de designar a cadeia de proteção à saúde animal, ambiental e humana como dependentes. De forma que se um dos elos desta cadeia está mal, os demais elos também serão afetados (CASTRO, 2016).

As doenças infecciosas emergentes normalmente são decorrentes do desequilíbrio na tríade homem x animal x ecossistema, e sua solução depende do envolvimento de diversos setores da saúde pública. Relatos mostram que, ainda a.C., Hipócrates recomendava

avaliação do local onde viviam os doentes, o que eles comiam e bebiam, e se os animais da região onde o doente morava apresentavam sinais semelhantes aos apresentados pelo enfermo. Assim, tem-se que as relações biológicas, socioeconômicas, ambientais e biológicas, que atuam junto na relação dessa tríade, requerem a atuação de sistemas de saúde fortes e multissetoriais a fim de garantir que o equilíbrio seja mantido, sem agressão aos elos da cadeia (WALTNER-TOEWS et al., 2015).

Dado o grande número de doenças que acometem os animais, o processo de formação dos veterinários engloba maior número de doenças infecciosas e parasitárias que a medicina humana, preparando o profissional para atuar, com segurança e conhecimento técnico, junto aos sistemas de saúde, seja no seu gerenciamento ou planejamento e garantindo o sucesso das práticas (KAPLAN et al., 2009).

Cabe aos profissionais de saúde, no cumprimento de seu papel social, promover o esclarecimento e orientação devidas à população geral. Os veterinários como agentes promotores de saúde sejam animal, humana ou ambiental, devem ser transmissores de conhecimento à comunidade, e os tutores ou criadores são agentes de grande importância quando se visa implementar o conceito de saúde única em uma propriedade ou localidade (ARAÚJO, SILVA e LEAL, 2020).

O médico veterinário também atuará como agente promotor da medicina de conservação, termo utilizado para descrever a prática clínica em prol da conservação de espécies de vida livre. Este profissional atua na pesquisa da vida selvagem e observação do comportamento animal, adotando parâmetros da transdisciplinaridade no desenvolvimento de políticas públicas voltadas à conservação da saúde do ecossistema, garantindo que seja mantida a diversidade biológica e, conseqüentemente, a qualidade de vida local (LANGE *et al.*, 2013).

Há grande correlação entre a saúde única e a vida selvagem, haja vista que quanto maior o contato humano ou de animais domesticados com os animais silvestres, maior o risco de transmissão de doenças entre eles. Por isso alguns atos têm sido instaurados a fim de conscientizar a população para a importância desse equilíbrio e a garantia de sanidade (ALANDIA e UHART, 2011).

Recentemente o termo saúde única passou a ir além dos limites da saúde física, passando também englobar o termo “bem-estar único”, que ressalta a interdependência da saúde humana com o conforto e a sanidade animal, o exemplo mais comum disso é o uso de animais em atividades recreativas, em que a interação promove satisfação a ambos. Nesse contexto há necessidade de uma abordagem ampla, muitas vezes liderada por médicos veterinários, para maximização dos efeitos na interação homem x animal, sem que haja prejuízo psicológico para nenhum dos agentes envolvidos (WOUK e BIONDO, 2012).

2.6. O MÉDICO VETERINÁRIO COMO MEMBRO DO NÚCLEO DE APOIO À SAÚDE DA FAMÍLIA (NASF)

O reconhecimento do médico veterinário como profissional da área da saúde no Brasil aconteceu no ano de 1998, mas só em 21 de outubro de 2011, quando foi estabelecida a Portaria nº 2.488, o médico veterinário foi incluso na lista de profissionais que fazem parte do Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF), sendo implementado na Política Nacional de Atenção Básica (PNAB) dentro do Sistema Único de Saúde (SUS) (SILVA, 2018).

A aprovação se deu pela atuação profissional dentro do campo de prevenção e do controle de doenças zoonóticas, que apresentam grande importância social, sendo os principais vetores os animais domésticos (GOMES, 2017).

Entende-se que para a sua atuação dentro do NASF, o médico veterinário tem que abarcar seus conhecimentos dentro das Estratégias de Saúde da Família (ESF), há, no entanto, um déficit na preparação profissional enquanto estudantes para desenvolver competências exigidas pelas equipes multiprofissionais de saúde (ARAÚJO, 2013).

A atuação dos médicos veterinários dentro do NASF incluem conhecer a realidade das famílias na sua área de atuação; realizar cadastramento da população adscrita; elaborar plano de saúde local; executar vigilância; prestar assistência resolutiva; organizar os serviços e desenvolver as ações com ênfase na promoção da saúde; desenvolver processor educativos com a população; promover ações intersetoriais e ações comunitárias; incentivar a participação ativa dos conselhos locais (ARAÚJO, 2013).

A necessidade de implementação do médico veterinário no NASF foi provocada pela desconhecimento existente em relação à propagação de enfermidades de cunho zoonótico, e a capacidade técnica de atuação desse profissional de formação multidisciplinar em saúde, especialmente para identificar situações em que haveria a possibilidade de transmissão de patologias entre animais e humanos, e auxiliar no controle e erradicação de doenças como: dengue, Zika, Chikungunya, doença de Lyme, toxoplasmose, brucelose, tuberculose entre outras. (COSTA, 2011).

O papel desempenhado pelo médico veterinário dentro da atenção básica a saúde, está estabelecido dentro do plano de estratégia de atuação de cada NASF. Aplicando seus conhecimentos técnicos para a solução de problemas relacionados ao campo da prevenção e controle das doenças transmissíveis a humanos, na contaminação de alimentos de origem animal e seus derivados, nos serviços de saúde pública em geral e nos métodos de ação em equipes de Saúde da Família (XAVIER e NASCIMENTO, 2017).

2.7. VIGILÂNCIA SANITÁRIA

A vigilância sanitária é componente do SUS, sendo a entidade responsável, dentre outras funções, pela qualidade dos alimentos que chegam até a população. Ela encontra-se dividida em três esferas do governo, sendo coordenadas pelo Sistema Brasileiro de Vigilância Sanitária. A estas esferas competem a fiscalização em nível Federal, pela ANVISA, e nível Estadual e municipal, realizadas pelo VISA. Tem como obrigação a normatização do funcionamento dos estabelecimentos que se encontram sob seu limite de atuação, e que são considerados serviços para o consumidor final. As vigilâncias sanitárias irão atuar nas ações de baixa, média e alta complexidade obedecendo as orientações do SUS, que tem a incumbência de planejamento da política de insumos e equipamentos para a saúde (BRASIL, 2015). É de responsabilidade da vigilância sanitária emitir autorização de funcionamento de estabelecimentos, realizar fiscalização, aplicar penalidades, fazer notificação de intercorrências e coleta de amostras para análises, sempre que houver suspeita de algum problema envolvendo os estabelecimentos sujeitos a esta entidade (BRASIL, 2009).

O médico veterinário atuante na Vigilância Sanitária se responsabiliza pela fiscalização de estabelecimentos, verificando se obedecem aos critérios técnicos de funcionamento, opera obedecendo boas práticas de fabricação, e se os alimentos ali manipulados não oferecem risco à saúde humana e/ou ambiental. Quando solicitadas autorizações de

funcionamento, visitas são realizadas a fim de conferir se as instalações obedecem ao disposto na legislação pertinente, e se podem funcionar sem oferecer risco a saúde coletiva, somente após confirmação de salubridade o laudo é emitido (FRIAS, MARIANO e PINHEIRO JUNIOR, 2009).

Compete ao médico veterinário da vigilância sanitária a responsabilidade pela coleta de material para análises técnicas, além da sua conservação e guarda, garantindo que o resultado da análise seja condizente com a realidade encontrada no estabelecimento. Quando encontradas inconformidades, o profissional fiscalizador poderá notificar o estabelecimento ou penalizá-lo, conforme determina os dispositivos legais (FRIAS, MARIANO e PINHEIRO JUNIOR, 2009).

Para que produtos cheguem ao mercado é necessário que toda a cadeia produtiva seja fiscalizada em seus pontos críticos de controle, isso tem início durante a criação dos animais garantindo que estes gozem de perfeita saúde no momento do abate. A partir daí é preciso que não haja risco de contaminação dos produtos de origem animal durante seu processamento, estocagem e exposição. Cabe ainda ao médico veterinário avaliar e aplicar tecnologias adequadas ao processamento de cada produto, sua rotulagem, composição, armazenamento, embalagem e transporte (CFMV, 2015).

2.8. CONTROLE DE FOCOS ENDÊMICOS

O Ministério da Saúde classifica as doenças de caráter zoonótico em três grupos, de acordo com as suas características endêmicas. No primeiro grupo estão as doenças zoonóticas monitoradas por programas de vigilância e controle do Ministério da Saúde, nesse grupo estão a leptospirose, doença de Chagas, febre amarela, peste, Chikungunya, febre maculosa. No segundo grupo estão as doenças de relevância regional, que são toxocaríase, toxoplasmose, histoplasmose, criptococose, esporotricose, leishmaniose e outras. Já o terceiro grupo, engloba as zoonoses que são novas ou que apresentam aumento significativo de casos em animais, as doenças deste grupo normalmente apresentam surtos (BRASIL, 2016).

O risco zoonótico cresce proporcionalmente ao aumento de contato entre animais e humanos, o que exige atenção de médicos veterinários, devendo estes atuar na elaboração e aplicação de programas de monitoramento e controle de doenças zoonóticas. A medicina veterinária, aplicada de forma preventiva amplia o combate tais doenças e diminui a sua transmissão (SOUZA *et al.*, 2019). A troca de informações entre os profissionais de diferentes áreas é de grande importância para um correto diagnóstico das situações, o que garante competência para ordenar as ações de acordo com as estratégias formuladas, visando que todos os pontos da cadeia epidemiológica de uma doença sejam conhecidos, monitorados e trabalhados e sua propagação interrompida (GUIMARÃES *et al.*, 2010).

Assim, sempre que houver o diagnóstico de alguma doença zoonótica, deverá ser notificada ao sistema público de saúde, que designará as equipes para levantamento de campo e inquérito epidemiológico, a fim de identificar local, forma e taxa de propagação, morbidade, letalidade e outros dados indispensáveis às estratégias de monitoramento, controle e erradicação (BRASIL, 2016).

2.9. MÉDICO VETERINÁRIO NA PREVENÇÃO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Quando atuante no SUS ou em empresas privadas, é dever do médico veterinário pautar a suas ações de forma a causar o mínimo de contaminação do ambiente que rodeia seu local de trabalho, sendo responsável pelos prejuízos ambientais decorrentes dos seus atos (FRIAS, MARIANO e PINHEIRO JUNIOR, 2009). Os profissionais precisam orientar as empresas quanto à construção de instalações, tratamento de resíduos oriundos da produção e destinação dos resíduos, impedindo que cheguem ao ambiente de forma lesiva ao ecossistema. Nesse aspecto, merece especial atenção setores como a suinocultura, avicultura e confinamentos de bovinos, pela quantidade de resíduos que geram durante os ciclos de produção, e pela grande estrutura necessária para o tratamento dos descartes de forma que estes não prejudiquem o ambiente onde a atividade é explorada (ITO, GUIMARÃES e AMARAL, 2016).

O setor produtivo deve atentar-se a dois pontos cruciais na preservação, a utilização da água e o tratamento dos dejetos, sendo responsabilidade do médico veterinário a orientação quanto a estes dois fatores, que são de grande impacto na cadeia produtiva (ITO, GUIMARÃES e AMARAL, 2016).

Ao setor público, cabe a normatização do setor produtivo, sua fiscalização e penalização em caso de descumprimento da legislação. Assim, os profissionais veterinários que atuam no setor público, tem como função orientar a elaboração das plantas de produção e fiscalizar o seu funcionamento, de modo a não permitir que a atividade gere danos à fauna e flora local (MAXIMIANO et al., 2005).

Os agentes públicos serão responsáveis pela coleta de amostras e sua análise laboratorial, emitindo os laudos que atestem ou não a contaminação ambiental. Caso ocorra, o gerador do impacto ambiental será notificado para que este tome as medidas necessárias a fim de cessar a contaminação e que os danos causados sejam reparados (PEREIRA et al., 2012).

2.10. MEDICINA VETERINÁRIA COMO PROMOTORA DE POLÍTICAS PÚBLICAS NOS MUNICÍPIOS

Atualmente cerca de 60% das doenças que acometem humanos são de origem animal, e 75% das doenças emergentes no mundo tiveram sua origem em animais. Além disso, aproximadamente 250 doenças que afetam humanos são transmitidas por alimentos, sendo sua maioria de origem animal, cuja fiscalização e prevenção são responsabilidades veterinárias (ZIECH e VACOVSKI, 2018).

Na elaboração de políticas de promoção a saúde e prevenção de doenças, o estado precisa incluir este profissional, de forma a permitir que a elaboração de estratégias aconteça da forma mais correta possível (XAVIER e NASCIMENTO, 2017).

O termo política pública, compreende tudo que é desenvolvido no âmbito governamental e refere-se a aspectos imateriais, como as leis e decretos, ou aspectos materiais, como a prestação de serviços à população. Para a criação dessas políticas é necessário que o problema seja identificado, assim como todos os seus causadores, e com esse levantamento cria-se uma agenda de deliberações pelo estado, que será seguida da elaboração de propostas a serem implementadas. Uma vez estudadas elas são legitimadas, implementadas e avaliadas constantemente, a fim de conferir os resultados esperados e se há necessidade de ajustes (ZIECH e VACOVSKI, 2018).

Ao atuar no serviço público municipal, o médico veterinário idealiza políticas públicas para aplicação local, além de fiscalizar e acompanhar tantas outras de origem estadual ou federal. Na área ambiental é responsável pelo monitoramento de casos de maltrato a animais, adequações de instalações, uso de animais de tração, sempre atuando nos casos isolados e na sensibilização da população por meio de programas de educação e saúde. Além disso, lhe cabe prevenir a contaminação ambiental, pela fiscalização de atividades potencialmente poluidoras, bem como investigar casos de degradação ambiental que venham a ocorrer (SANTOS, MORIKAWA e LOPES, 2017).

No sistema de saúde, o médico veterinário promove saúde individual e coletiva, contribuindo para a prevenção de enfermidades, reabilitação de enfermos e manutenção da saúde. Assim, após a inserção dos médicos veterinários nos NASF, estes passaram a ser responsáveis pelo desenvolvimento de projetos de saúde com base na vulnerabilidade de indivíduos frente a riscos ambientais e a animais, avaliação de fatores de risco associados a interação entre animais e humanos, avaliação e diagnósticos da situação de doenças transmitidas por animais, controle de doenças zoonóticas e identificação de condições socioambientais responsáveis por elevar a proliferação de vetores de doenças, pragas urbanas e animais sinantrópicos (CRMV/ PR, 2015).

Na vigilância sanitária, os médicos veterinários voltam suas ações à prevenção das Doenças Transmissíveis por Alimentos (DTAs), levando sempre em consideração os fatores que podem predispor a contaminação alimentar e ao aumento do surgimento dessas doenças, como aumento significativo da população, aumentos dos grupos vulneráveis ou mais expostos, urbanização desordenada e o crescimento da produção em escala dos alimentos. O médico veterinário atua então duas frentes, a primeira será voltada à inspeção sanitária de alimentos, especialmente os de origem animal, e a segunda voltada ao auxílio no diagnóstico de DTAs e origem da contaminação (CRMV/ PR, 2015).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que atuação veterinária na saúde pública é muito ampla, sendo um profissional de suma importância para a prevenção de doenças zoonóticas e promoção do bem-estar animal e social, que atua na gestão e planejamento da saúde, além das vigilâncias sanitária, epidemiológica e ambiental.

A formação médica veterinária engloba conhecimentos de biomedicina, epidemiologia e gestão da saúde, capacitando os profissionais a atuarem em equipes de saúde.

Ainda é pequeno o número de veterinários que atuam na área de saúde pública, por vezes devido à falta de conhecimento da sociedade e de alguns gestores públicos sobre a competência destes profissionais para a promoção da saúde pública. Além disso, muitos cursos de medicina veterinária ainda não oferecem uma grade curricular voltada à promoção e prevenção da saúde.

REFERÊNCIAS

- [1] ALANDIA, E.; UHART, M. M. Bolívia – integrated disease prevention for livestock , people and conservation. Compendium of the OIE Global Conference Wildlife, n. February, p. 2015–2016, 2011.
- [2] AMARAL, A. E. U. Médicos veterinários e a sua relação com a Saúde pública. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Saúde). Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2018.
- [3] ARAUJO, A. S.; SILVA, N. O.; LEAL, D. R. One Health - A saúde única sob a percepção do estudante de medicina Veterinária do Distrito Federal. Revista Ciência e Saúde Animal, v. 2, n. 2, p. 10–18, 2020.
- [4] ARAÚJO, M. M. Inserção do médico veterinário no Núcleo de Apoio à Saúde da Família: estudos, perspectivas e propostas. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2013.
- [5] BRASIL. Apresentação da vigilância sanitária e sua função institucional. São Paulo ANVISA, 2009.
- [6] Curso básico de vigilância sanitária. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2015.
- [7] BRASIL. Manual de Vigilância, prevenção e controle de zoonoses: normas técnicas e operacionais. 1a ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.
- [8] CARVALHO, L. R. O.; RODRIGUES, H. S. M. C.; NETO, O. J. S.; SOLA, M. C. A atuação do médico veterinário em Saúde Pública: histórico, embasamento e atualidade. J Health Sci Inst., v. 35, n. 2, p. 131–136, 2017.
- [9] CASTRO, C. C. M. Inserção/Atuação dos Médicos Veterinários nos Serviços Públicos da Região Metropolitana da Baixada Santista: Uma Aproximação ao Referencial Saúde Única (One Health). [s.l.] Universidade Federal de São Paulo, 2016.
- [10] CFMV. Dia da Saúde e Nutrição: o papel do médico veterinário e zootecnista na segurança alimentar, 2015.
- [11] COSTA, D. A. A importância do médico veterinário no contexto de Saúde Pública. [s.l.] Seminário (Programa de Pós Graduação em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, Goiânia., 2011.
- [12] CRMV/ PR. CRMV/ PR. 1a ed. Curitiba: Manual Técnico Para Leishmanioses Caninas, 2015.
- [13] FRIAS, R. B.; MARIANO, R. S. G.; PINHEIRO JUNIOR, O. A. A importância do médico veterinário na Saúde Pública - Revisão Bibliográfica. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, v. 1, n. 12, p. 1–5, 2009.
- [14] GOMES, L. B. Importância e atribuições do médico veterinário na saúde coletiva. Sinapse Múltipla, v. 6, n. 1, p. 70–75, 2017.
- [15] GUIMARÃES, C. D. F.; CORADASSI, C. E. O ensino de saúde pública nas faculdades de Medicina Veterinária no Estado do Paraná. PUBVET, v. 6, n. 28, p. sp, 2012.
- [16] GUIMARÃES, F.; BAPTISTA, A.; GUSTAVO, P.; LANGONI, H. Ações da vigilância epidemiológica e sanitária nos programas de controle de zoonoses. Revista de Veterinária e Zootecnia, v. 17, n. 2, p. 151–162, 2010.
- [17] ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura : desafios e oportunidades. BNDES Setorial, v. 44, p. 125–156, 2016.
- [18] KAPLAN, B.; KAHN, L. H.; MONATH, T. P.; WOODALL, J. “One health” and parasitology. Parasites & Vectors, v. 2, n. 36, p. 1–3, 2009.
- [19] LANGE, R. R.; LANG, A.; ALLGAYER, A. C.; ALBUQUERQUE, I. M. B.; ROSSI JÚNIRO, J. L.; CHIESORIN NETO, L. Das práticas em zoológico à especialização dos dias atuais. Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária, v. 19, n. 59, p. 13–15, 2013.
- [20] MAXIMIANO, A. D. A.; FERNANDES, R. O.; NUNES, F. P.; ASSINS, M. P.; MATOS, R. V.; BARBOSA, C. G. S.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Utilização de drogas veterinárias , agrotóxicos e afins em ambientes hídricos : demandas , regulamentação e considerações sobre riscos à saúde humana e ambiental. Ciências & Saúde Coletiva, v. 10, n. 2, p. 483–491, 2005.
- [21] MAYORGA, G. R. S.; AZEVEDO, L. C.; MORAES, J. O.; MELO, M. L. V; MARTINS, A. V; POMBO, C. R. A medicina veterinária do UNIFESO e o cuidado ma saúde coletiva, ambiental e no bem-estar: Pesquisa e

ações de campo. Revista da Jopic, v. 01, n. 2, p. 85–93, 2018.

- [22] MIRANDA, M. A contribuição do médico veterinário na saúde única- One health. Psicologia e Saúde em Debate, v. 4, n. supl 1, p. 2446, 2018.
- [23] PEREIRA, L. A.; JARDIM, I. C. S. F.; FOSTIER, A. H.; RATH, S. Ocorrência, comportamento e impactos ambientais provocados pela presença de antimicrobianos veerinários em solos. Química Nova, v. 35, n. 1, p. 159–169, 2012.
- [24] RÊGO, J.; JÚNIOR, R.; WILTON, J.; JUNIOR, P.; BRANDESPIM, D. F. Avaliação sobre o conhecimento de Zoonoses em profissionais e acadêmicos da Medicina e Medicina Veterinária na cidade de Maceió-Alagoas-Brasil. Ciência Veterinária nos Trópicos, v. 16, n. 1, p. 53–58, 2013.
- [25] SANTOS, D.; MORIKAWA, V. M.; LOPES, M. O. O Médico veterinário inserido no Núcleo de Apoio a Saude da Família (NASF) de Piraquara/PR - Relato de uma experiência. Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP, v. 15, n. 1, p. 69, 2017.
- [26] SILVA, C. P. O. Âmbito de atuação do médico veuerinário na saúde pública: Revisão de literatura. [s.l.] Monografia (Graduação em Medicina Veternária). Cesmac, 2018.
- [27] SILVEIRA, C.; NOGUEIRA, L. A importância da inclusão do médico veterinário no Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF). [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2018.
- [28] SOUSA Araújo, A. De. One Health- A Saúde única sob a percepção do estudante de medicina veterinária do Distrito Federal. v. 2, n. 2, p. 2020, [s.d.].
- [29] SOUZA, C. P. DE; FERREIRA, P.; MORENO, M. D. C.; APARECIDA, L. Serviços de zoonoses e seu papel na vigilância em saúde para Leishmaniose. Colloquio Vitae, v. 11, n. 1, p. 24–32, 2019.
- [30] WALTNER-TOEWS, D.; STILES, E.; VANLEEJWEN, J.; FRASER, E. Veterinary History Histoire vétérinaire. Science Veterinary Jorunal, v. 56, n. August, p. 2005–2007, 2015.
- [31] WOUK, A. F.; BIONDO, A. W. Uma Saúde, Uma Medicina, Um Bem-Estar. Revista Clínica Veterinária, v. 28, n. 9, p. 100–102, 2012.
- [32] XAVIER, D. R.; NASCIMENTO, G. N. L. O médico veterinário na atenção básica à saúde. Revista Desafios, v. 4, n. 2, p. 7, 2017.
- [33] ZIECH, R. E.; VACOVSKI, E. Atuação do médico veterinário em políticas públicas municipais. Veterinaria em Foco, v. 16, n. 1, p. 11–23, 2018.
- [34] ZYLBERSZTAJN, A.; AVILA-PIRES, F. D. DE. Evolução histórica da medicina veterinária preventiva e saúde pública. Ciência Rural, v. 34, n. 5, p. 1661–1668, 2004.

Capítulo 5

Prevalência de infecções por nematóides gastrointestinais em caprinos do setor familiar em Moçambique

*Alsácia Atanásio-Nhacumbe
Carlos Francisco Siteo*

Resumo: Foi realizado uma prospecção para determinar a prevalência e variações sazonais de ovos de nematóides gastrointestinais em caprinos em quatro províncias de Moçambique, de novembro de 2016 a outubro de 2017 em Tete e Cabo Delgado, e de novembro de 2016 a outubro de 2018 em Maputo e Gaza. Em cada província, foram seleccionados rebanhos de em terras baixas, localizadas dentro dos vales dos rios, e em terras altas, localizadas fora dos vales. As amostras fecais foram colectadas em intervalos mensais para monitorar as flutuações da contagem fecal de ovos. A técnica de McMaster modificada foi utilizada para análise quantitativa de ovos de nematóides e para detecção de ovos de cestóides em amostras fecais. Foi utilizada a técnica de sedimentação para a detecção de ovos de trematódeos em amostras fecais. Um total de 2 703 amostras foram examinadas para ovos de nematóides e 2 587 para ovos de trematódeos. O exame fecal indicou que entre 18% e 100% dos caprinos amostrados estavam infectados com nematóides gastrointestinais. A prevalência variou de acordo com a estação do ano e as condições ecológicas. A maior prevalência e contagem de ovos de helmintos foram registradas no pico da estação chuvosa. *Strongyloides papillosus*, *Calicophoron spp.*, *Fasciola spp.* e ovos de *Schistosoma matthei* também foram encontrados. Os ovos de *Moniezia expansa* e *Moniezia benedeni* foram encontrados nas quatro áreas de estudo, mas sua prevalência foi baixa e irregular. Com base nos resultados deste estudo, que mostrou um padrão sazonal claro, são sugeridos medicamentos anti-helmínticos estratégicos para controlar efectivamente as infecções por helmintos em caprinos nas diferentes zonas ecológicas de Moçambique.

Palavras-chave: prevalência; variações sazonais; nematóides gastrointestinais; caprinos; pequenos criadores.

1. INTRODUÇÃO

Os parasitas de helmintos internos são responsáveis por uma quantidade significativa de patologias em ruminantes, causando reduções na produtividade de pequenos animais (Fraser & Craig, 1997).

Os parasitas são responsáveis por uma ampla gama de efeitos, incluindo apetite reduzido e ingestão reduzida de alimentos, perda de proteínas do sangue e do plasma no trato gastrointestinal, distúrbios no metabolismo das proteínas, níveis baixos de minerais e actividade reduzida de algumas enzimas intestinais. O crescimento deficiente e a perda de peso são um dos resultados mais comuns do parasitismo interno e, se a infecção é grave o suficiente ou suficientemente prolongada, ocorre a morte (Carmichael, 1993).

As infecções parasitárias gastrointestinais são um problema mundial para pequenos e grandes criadores, mas seu impacto é maior na África Subsaariana devido à disponibilidade de uma ampla gama de factores agroecológicos adequados para hospedeiros e espécies parasitárias diversificadas (Owhoeli *et al.* 2014).

A ausência de programas de controlo estratégico geralmente resulta em um uso indiscriminado de anti-helmínticos, que podem ter pouco ou nenhum impacto nas populações de parasitas. Portanto, o desenho de programas estratégicos de controlo de parasitas requer conhecimento da dinâmica de eliminação de ovos do hospedeiro (Thamsborg, Roepstorff & Larsen, 1999) e, portanto, a epidemiologia dos helmintos.

O conhecimento sobre os padrões de infecção epidemiológica causados por parasitas gastrointestinais é essencial no desenvolvimento de estratégias de controlo apropriadas e isso pode reduzir as perdas de produção (Zvinorova *et al.*, 2016). Sob condições de alta umidade e temperaturas quentes, como áreas tropicais úmidas, o desenvolvimento e a sobrevivência de larvas podem ser altos, mas, em regiões caracterizadas por intervalos quentes e secos, por exemplo, áreas tropicais, o desenvolvimento e a sobrevivência das larvas são reduzidos. Estratégias modernas de controlo exploram esse fenómeno regulando a administração de anti-helmínticos, para que a contaminação do pasto pelos ovos seja reduzida, para coincidir com condições climáticas adversas que diminuam as chances de desenvolvimento e sobrevivência de larvas (Anon., 1991).

Portanto, o objetivo desta investigação foi estudar a epidemiologia de helmintos de caprinos em quatro zonas ecológicas de Moçambique, a fim de propor medidas para seu controle estratégico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi realizado em quatro das dez províncias de Moçambique, Cabo Delgado, Tete, Maputo e Gaza, onde ocorrem 24,1%, 15%, 10,1% e 5,8% da pequena população de ruminantes, respectivamente, de novembro de 2016 a outubro de 2017 em Tete e Cabo Delgado e de novembro de 2016 a outubro de 2018 em Maputo e Gaza. As áreas de estudo foram escolhidas devido a condições ecológicas distintas. Em cada província, foram incluídas no estudo as terras baixas (áreas dentro dos vales dos rios, denominadas Zona 1) e zonas altas (áreas fora dos vales dos rios, denominadas Zona 2).

Na província de Maputo, três rebanhos foram seleccionados em Boane (planície-terras baixas) e dois em Mahubo (planalto-terras altas); na província de Gaza, três rebanhos foram seleccionados de Magula (planície), um de Chicumbane e outro de Limpopo Barra

(planaltos); na província de Tete, foram seleccionados dois rebanhos de Chingodzi (planície) e três em Kampango (planalto) e em Cabo Delgado foram seleccionados três rebanhos em Mizeze (planície), um de Nanhimbe e um de Maringanha, ambos de planalto. As planícies são encontradas nos vales do rio Umbeluzi (Maputo), rio Limpopo (Gaza), rio Zambeze (Tete) e rio Mizeze (Cabo Delgado), respectivamente. Daqui resulta que as zonas de terras altas são mais secas que as terras baixas.

2.2. ANIMAIS DE ESTUDO

Um total de 440 caprinos de ambos os sexos e várias idades foram seleccionados do setor familiar para o estudo nas quatro províncias; 74 em Maputo, 134 em Gaza, 100 em Tete e 132 em Cabo Delgado, respectivamente. Um total de vinte rebanhos, consistindo em cinco rebanhos em cada província, cada um com 8 a 34 caprinos, foi envolvido na pesquisa. Os animais eram principalmente uma raça local, a Landim, e os animais foram identificados por brincos com números de código. Em 50% dos animais, as flutuações mensais da contagem de ovos de nematóides fecais foram monitoradas nas terras baixas (zona 1) e nas terras altas (zona 2). Todas as fazendas foram visitadas uma vez por mês e amostras fecais foram coletadas no reto de cada animal. Os animais pesquisados neste estudo não foram desparasitados durante o estudo.

2.3. EXAME FECAL

A modificação de Reinecke (1961) da técnica McMaster foi usada para análise quantitativa de ovos de nematóides em amostras fecais. Dois g de fezes e 58 ml de solução de açúcar foram misturados no liquidificador por 10 a 20 segundos e 4 a 6 gotas de álcool amílico foram adicionadas à suspensão. Uma pipeta de boca larga foi usada para transferir a suspensão para duas câmaras da lâmina McMaster e a lâmina foi deixada repousar por dois minutos para permitir que os ovos flutuassem para o topo. A lâmina McMaster foi examinada sob um microscópio padrão com ampliação de 10x. O número final de ovos por grama de fezes (opg) foi calculado usando a fórmula $opg = T_o / T_c \times 200$, onde T_o é o número de ovos e T_c o número de câmaras examinadas (Reinecke, 1983).

Foi utilizada a técnica de sedimentação para a detecção de ovos de trematódeos em amostras fecais. Uma amostra de 2 g de fezes foi misturada com 40-50 ml de água. A suspensão fecal foi passada através de um passador com aberturas de 0,150 mm e o material filtrado foi colocado em um tubo de sedimentação de 100 ml e deixado em repouso por 10 minutos. O sobrenadante foi cuidadosamente decantado e o sedimento suspenso outra vez em água. Isso foi repetido até o sobrenadante ficar claro. O sobrenadante foi finalmente decantado e o sedimento corado com uma gota de 1% de azul-de-metileno. Foi examinado em uma lâmina de microscópio sob microscópio padrão com ampliação de 10x (Dunn, 1978; Hansen & Perry, 1994). Um total de 2 703 amostras foram examinadas para ovos de nematóides e 2 587 para ovos de trematódeos.

Utilizou-se um guião fornecido por Hansen & Perry (1994) para interpretação das contagens fecais de ovos, assim, o grau de infecção (ovos por grama de fezes) para infecções mistas foi classificado como leve quando a contagem de ovos era inferior a 500, moderada entre 500 e 1 000, e alta quando o número de ovos era de 1 000 ou mais.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O teste t de Student e a análise de variância (ANOVA) foram utilizados para avaliar os resultados usando o Statistical Package for the Social Science (SPSS; versão 21, software IBM, EUA) e o nível de significância para os dois métodos estatísticos foi de 5%.

3. RESULTADOS

Entre 18% e 100% dos caprinos examinados estavam infectados com nematóides gastrointestinais, dependendo da estação do ano e das condições ecológicas (Figuras I a IV).

A prevalência de infecções foi alta durante a estação chuvosa nas quatro províncias. As médias das contagens de ovos de helmintos diminuíram durante novembro e dezembro de 2016, mas aumentaram durante a estação das chuvas para atingir valores máximos em janeiro de 2017, março de 2017 e janeiro de 2018 em Maputo; durante fevereiro de 2017, novembro de 2017 e março-abril de 2018 em Gaza; em fevereiro de 2017 em Tete e em março de 2017 em Cabo Delgado. A flutuação sazonal da contagem média de ovos é ilustrada nas Figuras V a VIII. A partir destes números, é evidente que a contagem de ovos em todas as quatro províncias foi mais baixa durante a estação seca e mais alta durante a estação chuvosa. Quando a precipitação é maior, a disponibilidade de larvas infectantes nas pastagens também é maior; portanto, os picos das contagens médias de ovos fecais também são mais altos. As diferenças entre as províncias e entre as zonas e as estações, no entanto, não foram estatisticamente significantes ($p > 0,05$).

Foi observada uma alta prevalência geral de *S. papillosus* na província de Tete, sendo 78,6% em fevereiro de 2017, 63,6% em abril de 2017, 55,0% em maio de 2017, 50,0% em junho de 2017 e 57,1 % em julho de 2017, respectivamente. A sua prevalência foi relativamente baixa nas outras províncias, com um máximo de 37,5% em março de 2017 em Maputo, 24,1% em novembro de 2017 em Gaza e 39,3% em maio de 2017 em Cabo Delgado. A contagem média de ovos ocorreu em março de 2017 (206 opg) em Maputo, em março de 2017 (158 opg) em Gaza e em abril de 2017 (337 opg) em Cabo Delgado. A contagem média mais alta de ovos de 1 157 opg foi observada em fevereiro de 2017 na província de Tete.

Os ovos dos trematódeos encontrados foram os de *Calicophoron* spp., *Fasciola* spp. e *Schistosoma mattheei*. A prevalência de *Calicophoron* spp. os ovos foram, em geral, baixos, mas aumentaram durante a estação chuvosa, atingindo 90,0% em janeiro de 2017 em Maputo, 59,0% em janeiro de 2017 e 77,8% em outubro de 2017 em Gaza. Prevalência muito baixa ocorreu em Tete, com um pico de 26,5% em janeiro de 2017 e 10,0% em novembro de 2016 em Cabo Delgado. Os ovos de *Calicophoron* spp. ocorreram ao longo do ano, embora com flutuações, em Maputo e Gaza, enquanto em Tete e Cabo Delgado esses ovos foram encontrados apenas durante a estação chuvosa.

Os ovos de *Fasciola* spp. foram detectados em Maputo apenas em abril de 2017 (2,7%) e em janeiro de 2018 (3,7%). Em Gaza, observou-se uma prevalência de 20,5% em janeiro de 2017, 5,7% em fevereiro de 2017, 2,4% em abril de 2017 e 8,8% em dezembro de 2017. Em Tete, os ovos foram encontrados apenas em janeiro de 2017 (26,5%) e em Cabo Delgado esses ovos foram detectados apenas em dezembro de 2016 (7,7%) e em janeiro de 2017 (5,2%).

Apenas três casos positivos de *S. mattheei* foram encontrados, dois em janeiro de 2017 em Gaza e um em fevereiro de 2017 na província de Maputo.

Os ovos de *M. expansa* e *M. benedeni* foram encontrados em todas as quatro províncias, mas a prevalência foi muito baixa e a presença irregular. A maior prevalência de ovos de *M. expansa* ocorreu em dezembro de 2016, sendo 20,7% em Maputo e 10,9% em Gaza. Em Tete e Cabo Delgado, ocorreram durante julho de 2017 (4,8%) e fevereiro de 2017 (8,6%), respectivamente. A prevalência de ovos de *M. benedeni* foi inferior à de *M. expansa* nas províncias de Tete e Cabo Delgado, com números de pico (2,6%) ocorrendo entre agosto de 2017 e fevereiro de 2017 (3,4%), respectivamente. No entanto, ovos de *M. benedeni* foram frequentemente encontrados em Maputo e Gaza, especialmente em novembro de 2016 (28,6%) em Maputo e setembro de 2017 (10,5%) em Gaza.

4. DISCUSSÃO

Este estudo sobre a epidemiologia de infecção por helmintos em caprinos foi realizado no sistema de criação tradicional e cobrindo diferentes zonas ecológicas de Moçambique. Specht (1982a) estudou o padrão de infecção por helmintos de ovinos e caprinos no sul de Moçambique. No entanto, o estudo foi realizado em um pequeno centro de pesquisa de ruminantes em Maputo, onde os animais foram mantidos em condições semi-intensivas. Além disso, o estudo envolveu apenas alguns animais; assim, seus achados dão uma indicação da ocorrência dessas infecções, mas não podem ser comparadas diretamente com os resultados de um estudo dessa extensão.

Em um estudo de padrões de doença em pequenas propriedades de caprinos em Moçambique, Costa (1993) constatou que dos 93 caprinos examinadas, 26,0% apresentavam gastroenterite devido a helmintos. Também foram observadas doenças clínicas e mortes por helmintos. Além disso, este autor relatou que das doenças mais comuns diagnosticadas clinicamente, as doenças entéricas, principalmente em relação aos parasitas gastrointestinais, representavam 31,8% do total de causas de morbidade. Alguns animais apresentaram sinais de helmintoses e alguns morreram durante o curso deste estudo, mas nenhuma confirmação foi feita em nível laboratorial. Os resultados observados em nosso estudo também revelaram que as infecções helmínticas são importantes na saúde de caprinos do setor familiar em Moçambique quando são levadas em consideração a prevalência e os ovos eliminados pelos animais.

A prevalência de parasitas varia de acordo com as condições ecológicas. Observou-se alta prevalência nas zonas 1 (terras baixas) e 2 (terras altas), no entanto, a prevalência de contagens de ovos foi relativamente maior em áreas mais úmidas (terras baixas) do que nas terras altas nas províncias de Maputo, Gaza e Cabo Delgado. Em Tete, uma área semi-árida onde ocorreram pequenas variações de umidade entre as duas zonas, não foram evidentes diferenças distintas na prevalência entre as duas zonas. Em uma área tropical úmida da Índia, por exemplo, quase 100% dos ovinos e caprinos em pastagem tinham níveis leves a médios de parasitas (Khan, *et al.*, 1997).

A partir dos resultados, é evidente que altas chuvas estão associadas a altas contagens de ovos. Isso pode ser esperado, pois nos trópicos o fator ecológico limitante que influencia a severidade do parasitismo é a chuva, pois as temperaturas quase sempre favorecem a eclosão e o desenvolvimento dos estágios de vida livre (Van Aken, *et al.*, 1990; Waller, 1997). Nossas observações concordam com as de Fagbemi e Dipeolu (1982); Specht (1982); Vercruysse (1983); Asanji (1988), Suarez & Buseti (1995) e Atanásio-Nhacumbe

& Siteo (2019). Macpherson (1994) também afirma que as condições ambientais, especialmente a umidade relativa e a temperatura, influenciam profundamente as doenças parasitárias em áreas mais áridas. Nossos resultados estão também de acordo com os de Nwosu *et al.* (2007), que relataram que a prevalência e a contagem de ovos de nematóides tricostrongilídeos mostraram uma sequência sazonal definida que correspondia ao padrão de precipitação, e as contagens de ovos de tricostrongilídeos aumentaram com as chuvas e atingiram níveis máximos no pico da estação chuvosa numa zona semi-árida do nordeste da Nigéria.

Nossas observações também estão de acordo com os achados de Connor, *et al.* (1990), que em uma investigação sobre epidemiologia e controle de helmintoses no sul da Tanzânia descobriram que a contagem média de ovos permaneceu abaixo de 500 opg até dezembro, quando as chuvas a temporada começou e a maior contagem média de ovos do grupo foi registrada em fevereiro. Na província de Cabo Delgado, que fica mais próxima da região sul da Tanzânia, as maiores contagens de ovos foram observadas em março de 2017 e, em seguida, ocorreu uma queda acentuada após o acentuado declínio das chuvas. Resultados semelhantes foram observados também na Nigéria por Nwosu *et al.* (1996). Em um estudo também realizado na Tanzânia, Shija *et al.* (2014) relataram que os tricostrongilídeos foram os parasitas mais prevalentes e a prevalência foi alta na estação chuvosa, o que está de acordo com o nosso estudo em que altas infecções foram observadas durante a estação chuvosa.

Goossens *et al.* (1998) também descobriram que a contagem fecal de ovos de nematóides tricostrongilídeos era maior durante a estação chuvosa em caprinos na Gâmbia. Este país está situado em uma zona semi-árida na África Ocidental, com estações secas (dezembro a junho) e chuvosas (julho a novembro). Estas condições climáticas são comparáveis às da província de Tete, localizada em uma zona semi-árida de Moçambique, e a estação seca é distinta (abril a novembro). Nesta província, a contagem de ovos fecais de nemátodes tricostrongilídeos também foi mais alta durante a estação chuvosa (fevereiro de 2017), mas declinou em março e as chuvas também diminuíram.

Nas províncias de Maputo e Gaza, a contagem média de ovos foi maior de janeiro a abril, quando a precipitação também foi maior. Nesta província, a estação das chuvas é mais prolongada do que em Tete e Cabo Delgado; assim, a contagem de ovos permaneceu mais alta por mais tempo. Isso concorda com os resultados de Fivaz, Horak e Williams (1990), que observaram que, no Cabo Oriental, a contagem de ovos de caprinos Angora foi maior durante a estação chuvosa, de março a julho de 1988.

Tanto a prevalência quanto a média de contagens de ovos diferiram entre as diferentes zonas ecológicas e, dentro das diferentes condições ecológicas, variou entre zonas de terras baixas e terras altas. Segundo Rossanigo & Gruner (1995), temperatura e umidade são fatores importantes que influenciam o desenvolvimento dos estágios de vida livre dos nematóides gastrointestinais dos ruminantes. Horchner (1990) também refere que a intensidade de contaminação e infecção não depende apenas da estação, mas também da situação ecológica local.

Nas quatro províncias, o opg médio variou bastante entre as zonas baixas e altas, mostrando a importância do microclima no nível de infecção. Segundo Thrusfield (1986), o grau de infecção por helmintos pode ser afetado pelo microclima. Nas planícies, a alta umidade favorece o desenvolvimento das larvas em comparação com o das terras altas, e isso é evidenciado pela maior contagem de ovos.

A prevalência de *S. papillosus* variou nas quatro províncias, mas foi relativamente maior durante a estação chuvosa do que a contagem de ovos. Fivaz *et al.* (1990), Agyei (1991) e Nwosu *et al.* (1996) também encontraram mais ovos durante as chuvas. No entanto, a prevalência não mostrou um padrão sazonal claro durante este estudo.

A ocorrência de *M. expansa* e *M. benedeni* foi irregular. É sabido que a disponibilidade do hospedeiro intermediário, os ácaros oribatídeos, é essencial para a ocorrência desses cestóides. A idade dos animais também influencia a ocorrência desses cestóides. Fivaz *et al.* (1990) na África do Sul e Agyei (1991) no Gana também observaram que a presença desses cestóides não mostrou um padrão sazonal definido, o que confirma nossos resultados.

No caso de *Calicophoron* spp. os ovos estavam presentes durante todo o ano, mas aumentaram em número durante a estação chuvosa em Maputo e Gaza, enquanto em Tete e Cabo Delgado ocorreu apenas durante a estação chuvosa. Isso está de acordo com Nwosu *et al.* (1996) que encontraram mais ovos desse parasita durante a estação chuvosa do que na estação seca.

Apenas três casos positivos de *S. mattheei* foram encontrados durante este estudo. Esse achado impossibilita tirar conclusões sobre a ocorrência desse trematódeo ou sua importância na saúde de caprinos no país. *Schistosoma* spp. é dependente da água como meio para a infecção do hospedeiro intermediário e final (Urquhart *et al.*, 1987). Um dos motivos prováveis para a ocorrência de poucos casos pode ser a localização dos rebanhos pesquisados. Em um dos rebanhos localizados perto do rio Limpopo, em Gaza, por exemplo, foram registrados casos clínicos de esquistossomose em ovinos e caprinos durante janeiro de 2017. Dos animais afetados, uma ovelha morreu e vários parasitas foram encontrados nas veias mesentéricas. Os outros animais afetados recuperaram após terem sido tratados com praziquantel, usado em humanos, pelo veterinário local.

Ovos de *Fasciola* spp. foram encontrados nos quatro locais do estudo, embora em números muito baixos. Isso concorda com Atanásio (2000) que relatou a ocorrência desses ovos pela primeira vez em caprinos de Moçambique, já que Cruz e Silva (1971) e Specht (1982) não referem a ocorrência desse parasita em caprinos no país. No Zimbábue, país vizinho de Moçambique, *Fasciola* spp. em caprinos de sistemas agrícolas de baixo rendimento e em sistema extensivo também foi relatado por Zvinorova *et al.* (2016).

5. CONCLUSÃO

Os dados fornecidos neste estudo, que mostram um padrão sazonal claro da contagem de ovos de helmintos, são de importância epidemiológica. Eles são a base para o desenho de medidas de controle que exploram essas variações, a fim de permitir o controle estratégico de helmintos e, portanto, um uso sustentável de anti-helmínticos.

A eliminação de ovos de tricostrongilídeos foi maior durante o pico das chuvas, mas ocorreram picos durante meses diferentes, de acordo com as condições ecológicas prevalentes em cada área de estudo.

Portanto, com base nos resultados desta pesquisa, que mostrou um padrão sazonal claro, os medicamentos anti-helmínticos para controlar efetivamente as infecções por helmintos em caprinos nas diferentes zonas ecológicas de Moçambique sugeridas são os seguintes:

- 1) Em Maputo, os anti-helmínticos devem ser administrados em novembro, janeiro, março e junho;
- 2) Em Gaza, durante novembro, janeiro, março e maio;
- 3) Em Tete, durante janeiro e abril;
- 4) E em Cabo Delgado, durante janeiro, março e junho.

No entanto, como a desparasitação sistemática pode levar a resistência anti-helmíntica e não parece viável para implementação nos sistemas extensivos de criação, onde geralmente as cargas de helmintos são desprezíveis, o tratamento de casos clínicos de helmintoses individualmente é recomendado e em animais jovens e fêmeas mais suscetíveis a helmintoses. Além disso, as medidas de controlo sugeridas neste estudo podem ser aplicadas nos setores privado e comercial, onde os helmintos ameaçam os animais, e os agricultores podem pagar comprar anti-helmínticos para encharcar os animais regularmente.

6. AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado com o apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (MCTES). Também é reconhecida a assistência técnica do pessoal da Seção de Parasitologia da Direcção de Ciências Animais / IIAM e dos técnicos dos Laboratórios Provinciais de Veterinária em Gaza, Tete e Cabo Delgado.

7. CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses em relação à publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] Agyei, A.D., 1991. Epidemiological observations on helminth infections of calves in southern Ghana. *Tropical Animal Health and Production*, 23, 134-140.
- [2] Anon., 1991. FAO expert consultation on helminth infections of livestock in developing countries. Rome, Italy, 23-27 September 1991. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [3] Asanji, M.F., 1988. Haemonchosis in sheep and goats in Sierra Leone. *Journal of Helminthology*, 62, 243-249.
- [4] Atanásio, A., 2000. Helminths, Protozoa, Heartwater, and the Effect of Gastro-intestinal Nematodes on the Productivity of Goats of the Family Sector in Mozambique. PhD thesis in Veterinary Science. Medical University of Southern Africa (MEDUNSA).
- [5] Atanásio-Nhacumbe, A. & Siteo, C.F., 2019. Prevalence and seasonal variations of eggs of gastrointestinal nematode parasites of goats from smallholder farms in Mozambique. *Insights Vet Sci.*; 3: 023-029. <https://doi.org/10.29328/journal.ivs.1001016>
- [6] Carmichael, I.H., 1993. Internal and external parasites as constraints to productivity of small ruminants in the humid tropics. In: (Eds.) Manika Wodzicka-Tomaskewska, Susan Gardiner, A. Djajanegara, I.M. Mastika & T.M. Wiradarya. *Sebelas Maret. Small ruminant production in the humid tropics*. University Press, 285-335.
- [7] Connor, R.J., Munyuku, A.P., Mackayo, E. & Halliwell, R.W., 1990. Helminthosis in goats in southern Tanzania: Investigations on epidemiology and control. *Tropical Animal Health and Production*, 22, 1-6.
- [8] Costa, R.F., 1993. Patterns of disease in small family goat farms in Mozambique. MSc thesis,

Faculty of Veterinary Medicine, Swedish University of Agricultural Sciences.

- [9] Cruz e Silva, J.A., 1971. A contribution to the study of animal helminthiasis in southern of Save. *Veterinária Moçambicana*, 4, 33-42.
- [10] Dunn, A.M., 1978. *Veterinary helminthology*. William Heinemann Medical Books. London. Second Edition, 295-298.
- [11] Fivaz, B.H., Horak, I.G. & Williams, E.J., 1990. Helminth and arthropod parasites of Angora goats on irrigated kikuyu grass pastures in the Eastern Cape Province. *Journal of the South African Veterinary Association*, 61, 112-116.
- [12] Fraser, A. & Craig, P.S., 1997. Detection of gastrointestinal helminth infections using coproantigen and molecular diagnostic approaches. *Journal of Helminthology*, 71, 103-107.
- [13] Goossens, B, Osaer, S., Kora, S., Chandler, K.J., Petrie, L., Thevasagayam, J.A., Woolhouse, T. & Anderson, J., 1998. Abattoir survey of sheep and goats in The Gambia. *Veterinary Record*, 143, 277-281.
- [14] Hansen, J. & Perry, B., 1994. *The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants*. Second Edition. ILRAD, Nairobi, Kenya.
- [16] Horchner, F., 1990. Proposals for epidemiological surveys of helminthosis aimed at the improvement of livestock production in the tropics. *Tropical Medical Parasitology*, 41, 422-424.
- [17] Khan, M.Q., Ghaffar, A., Anwar, M. & Khan, M.A., 1997. Importance of parasites as a constraint on small ruminant production in Pakistan. Report of an international workshop on Sustainable parasite control in small ruminants, held in Bogor, Indonesia, 22-25 April, 1996.
- [18] Macpherson, C.N.L., 1994. Epidemiology and control of parasites in nomadic situations. *Veterinary Parasitology*, 54, 87-102.
- [19] Nwosu, C.O., Ogunrinade, A.F. & Fagbemi, B. O. 1996. Prevalence and seasonal changes in the gastro-intestinal helminths of Nigerian goats. *Journal of Helminthology*, 70, 329-333.
- [20] Nwosu, C.O., Madu, P.P. & Richards, W.S., 2007. Prevalence and seasonal changes in the population of gastrointestinal nematodes of small ruminants in the semi-arid zone of north-eastern Nigeria. *Veterinary Parasitology*, 144, 1-2, 118-124.
- [21] Owhoeli, O., Elele, K. & Gboeloh, L.B., 2014. Prevalence of gastrointestinal helminths in exotic and indigenous goats slaughtered in selected abattoirs in Port Harcourt, South-South, Nigeria. *Chinese Journal of Biology*, Volume 2014, Article ID 435913, 8 pages.
- [22] Reinecke, R.K., 1961. Helminth research in South Africa. III. The diagnosis of nematode parasites in ruminants for worm survey purposes. *Journal of the South African Veterinary Medical Association*, 37, 27-31. Reinecke, R.K., 1983. *Veterinary helminthology*. Durban: Butterworths.
- [23] Rossanigo, C.E. & Gruner, L., 1995. Moisture and temperature requirements in faeces for the development of free-living stages of gastrointestinal nematodes of sheep, cattle and deer. *Journal of Helminthology*, 69, 357-362.
- [24] Shija, D.S.N., Kusiluka, L.J.M., Chenyambuga, S.W., Shayo, D. & Lekule, F., 2014. Animal health constraints in dairy goats kept under smallholder farming systems in Kongwa and Mvomero Districts, Tanzania. *J. Vet. Med. Anim. Health*, 6, 268-279.
- [25] Specht, E.J.K., 1982. Seasonal incidence of helminths in sheep and goats in south Mozambique. *Veterinary Parasitology*, 11, 317-328.
- [26] Suarez, V.H. & Buseti, M.R., 1995. The epidemiology of helminth infections of growing sheep in Argentina's Western Pampas. *International Journal for Parasitology*, 25, 489-494.
- [27] Thamsborg, S.M., Roepstorff, A. & Larsen, P., 1999. Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary Parasitology*, 84, 169-186.
- [28] Thrusfield, M., 1986. *Veterinary epidemiology*. Butterworths. Determinants of disease, 47-75.
- [29] Urquhart, G.M., Armour, J., Duncan, J.L., Dunn, A.M & Jennings, F.W., 1987. *Veterinary parasitology*. Longman Scientific & Technical.
- [30] Van Aken, D., De Bont, J., Vercruyse, J. & Dorny, P., 1990. Gastro-intestinal nematode infections in

a goat breeding farm in North-Western Sri Lanka. *Tropical Animal Health and Production*, 22, 231-238.

[31] Vercruyse, J., 1983. A survey of seasonal changes in nematode faecal egg count levels of sheep and goats in Senegal. *Veterinary Parasitology*, 13, 239-244.

[32] Waller, P.J., 1997. Nematode parasite control of livestock in the tropics/subtropics: the need for novel approaches. *International Journal for Parasitology*, 27, 1193-1201.

[33] Zvinorova, P.I., Halimani, T.E., Muchadeyi, F.C., Matika, O., Riggio, V. & Dzama, K., 2016. Prevalence and risk factors of gastrointestinal parasitic infections in goats in low-input low-output farming systems in Zimbabwe. *Small Ruminant Research*, 143, 75-83.

ANEXOS

Fig. I: Prevalência de infecções por tricostrongilídeos nas zonas 1 e 2, província de Maputo. Não havia dados disponíveis para a zona 2 em novembro de 2016

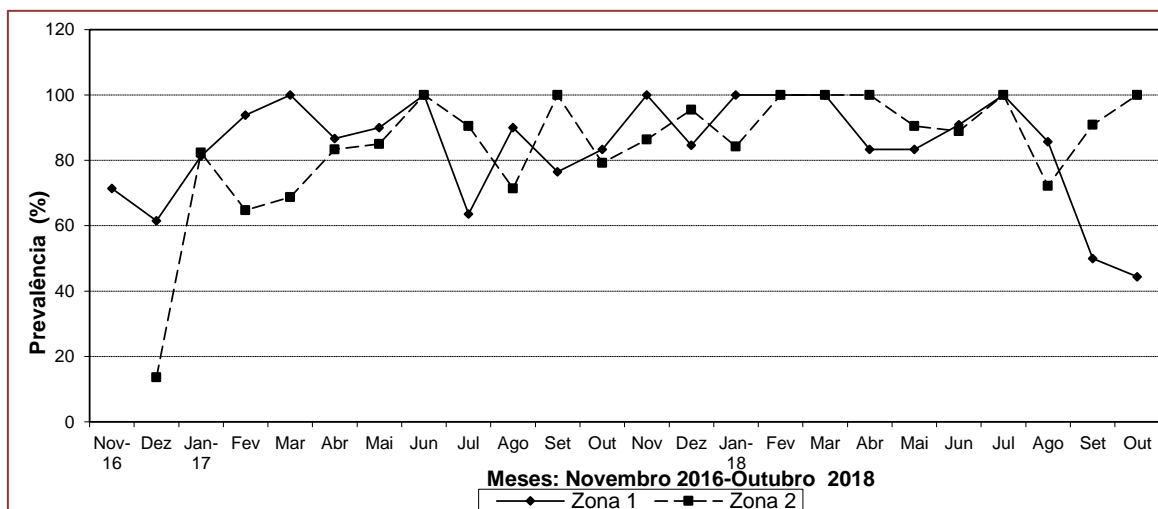


Fig. II: Prevalência de infecções por tricostrongilídeos nas zonas 1 e 2, província de Gaza

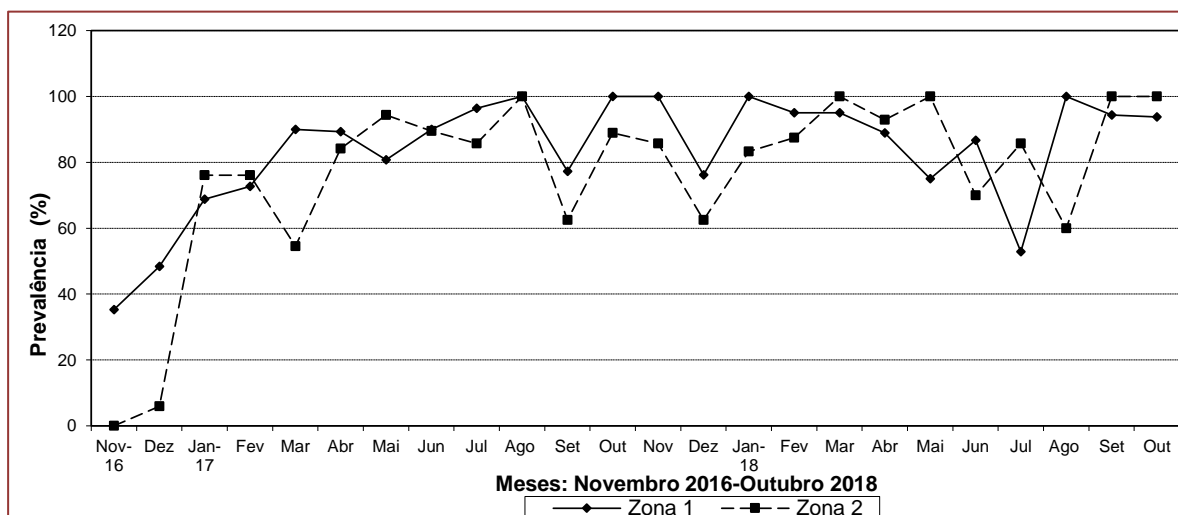


Fig. III: Prevalência de infecções por tricostrongilídeos nas zonas 1 e 2, província de Tete. Não havia dados disponíveis para a zona 1 (março de 2017) e para a zona 2 (fevereiro e março de 2017)

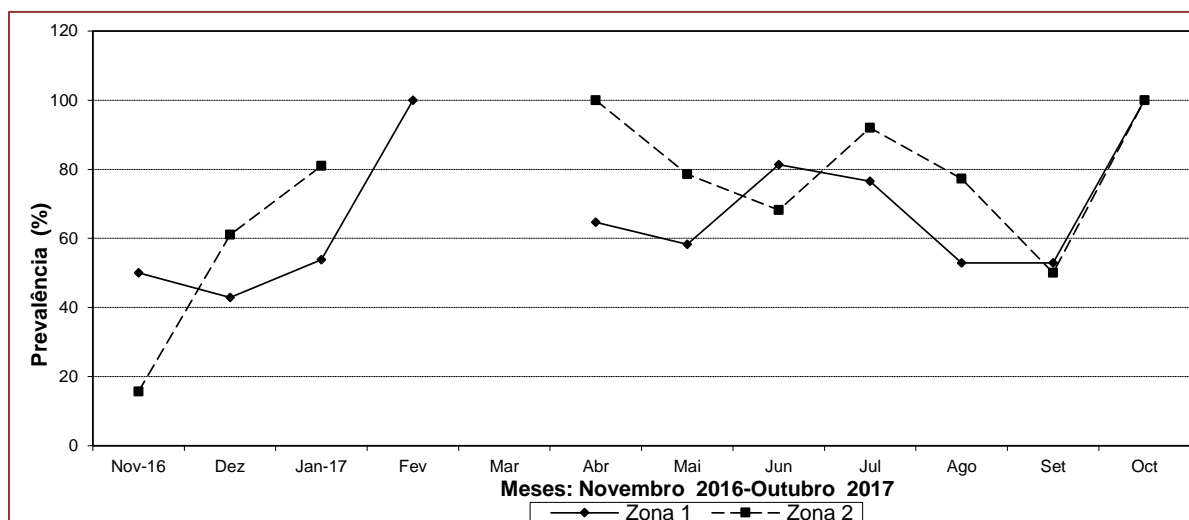


Fig. IV: Prevalência de infecções por tricostrongilídeos nas zonas 1 e 2, província de Cabo Delgado

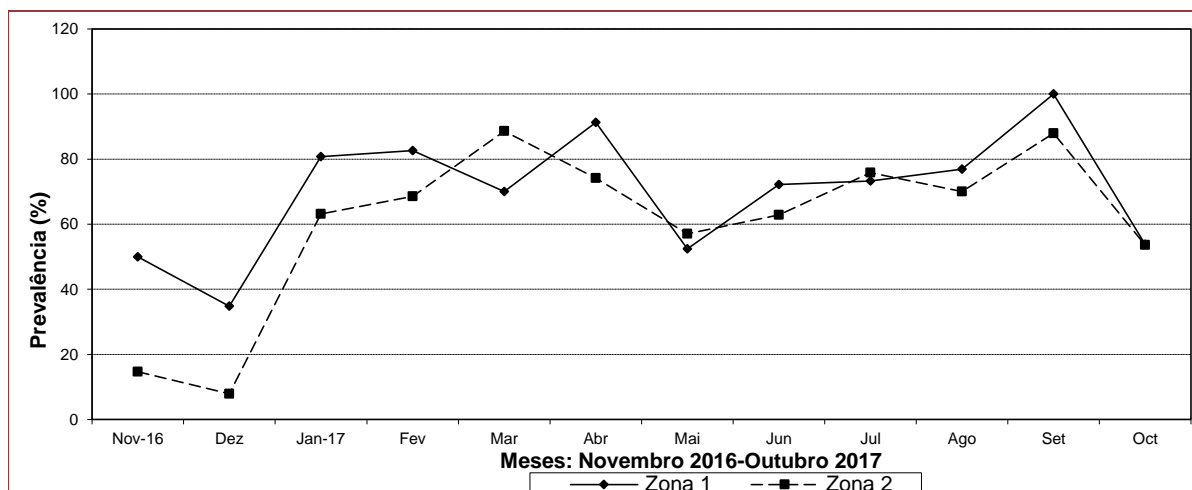


Fig. V: Contagem média de ovos de tricostrongilídeos e precipitação na Província de Maputo

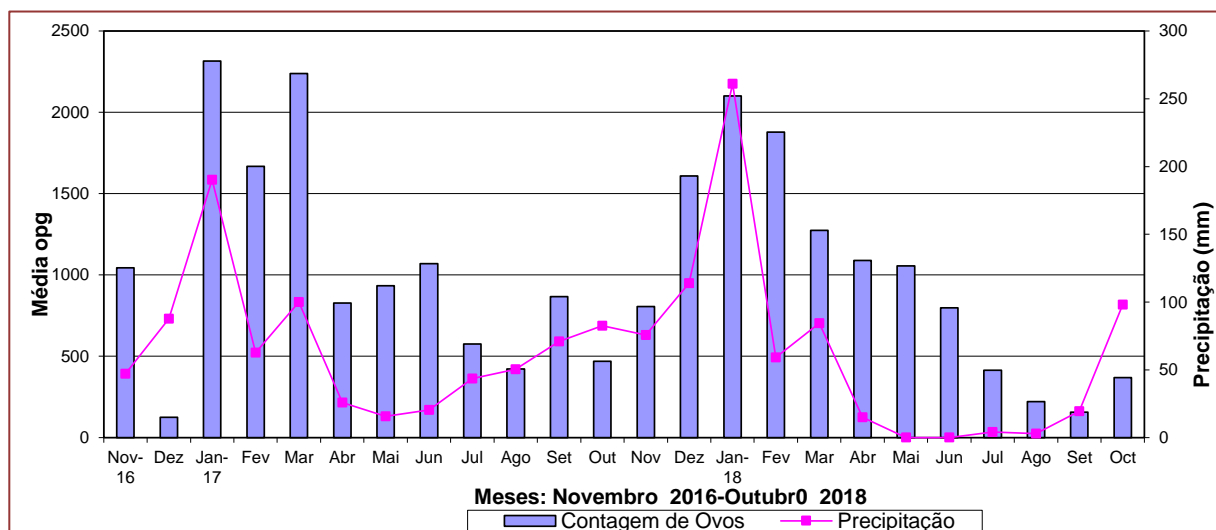


Fig. VI: Contagem média de ovos de tricostrongilídeos e precipitação na Província de Gaza

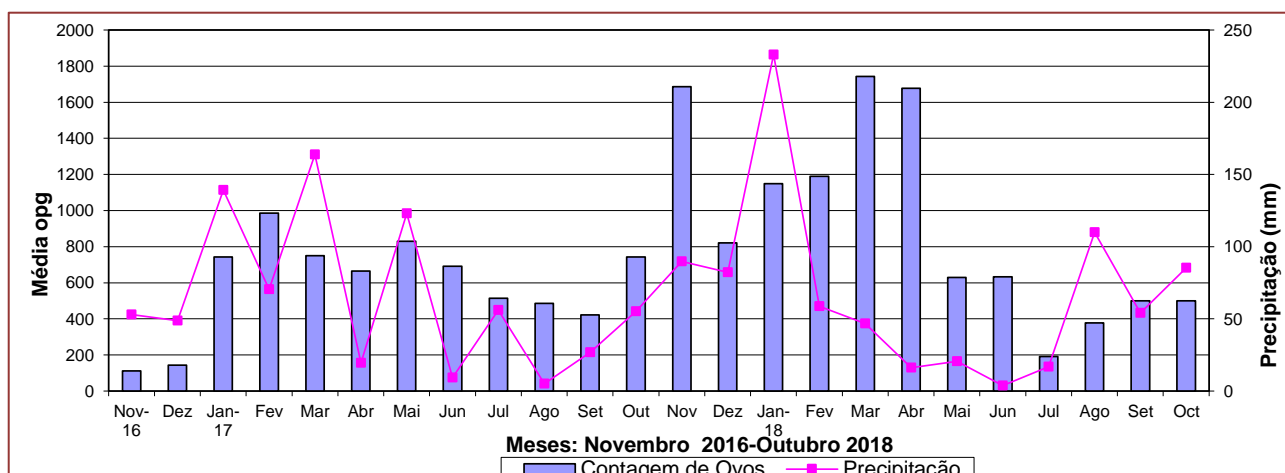


Fig. VII: Contagem média de ovos de tricostrongilídeos e precipitação na Província de Tete. Não havia dados disponíveis para março de 2017

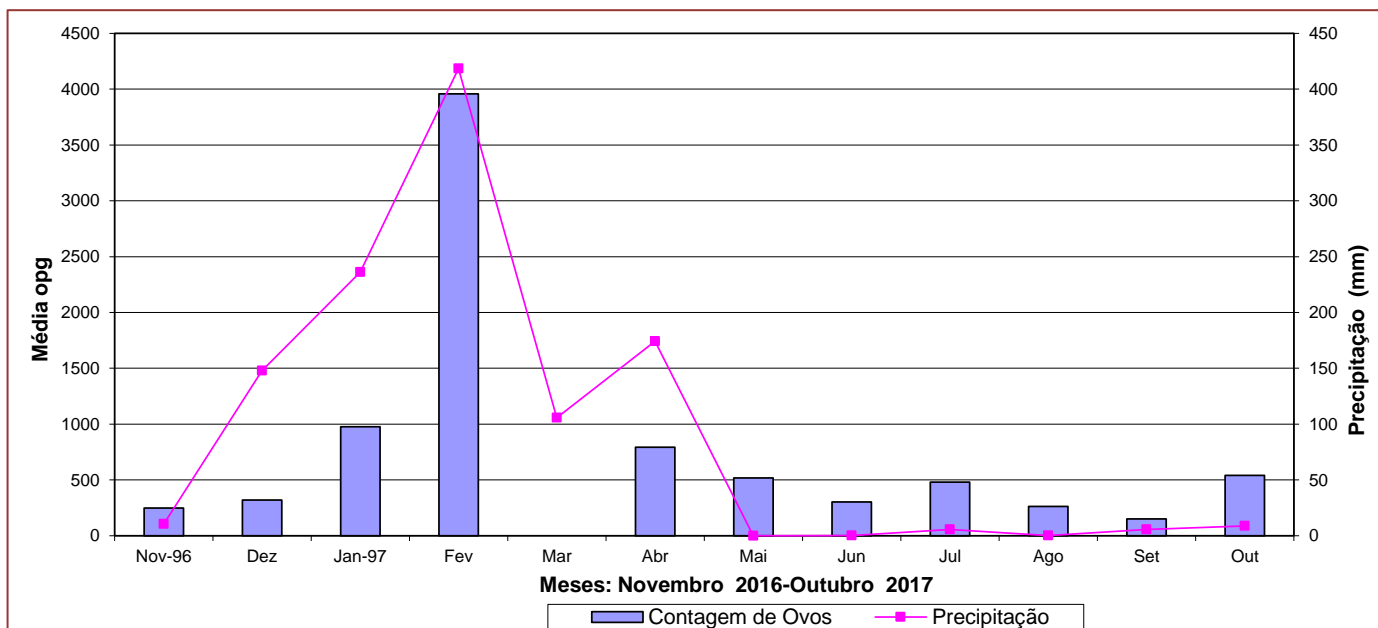
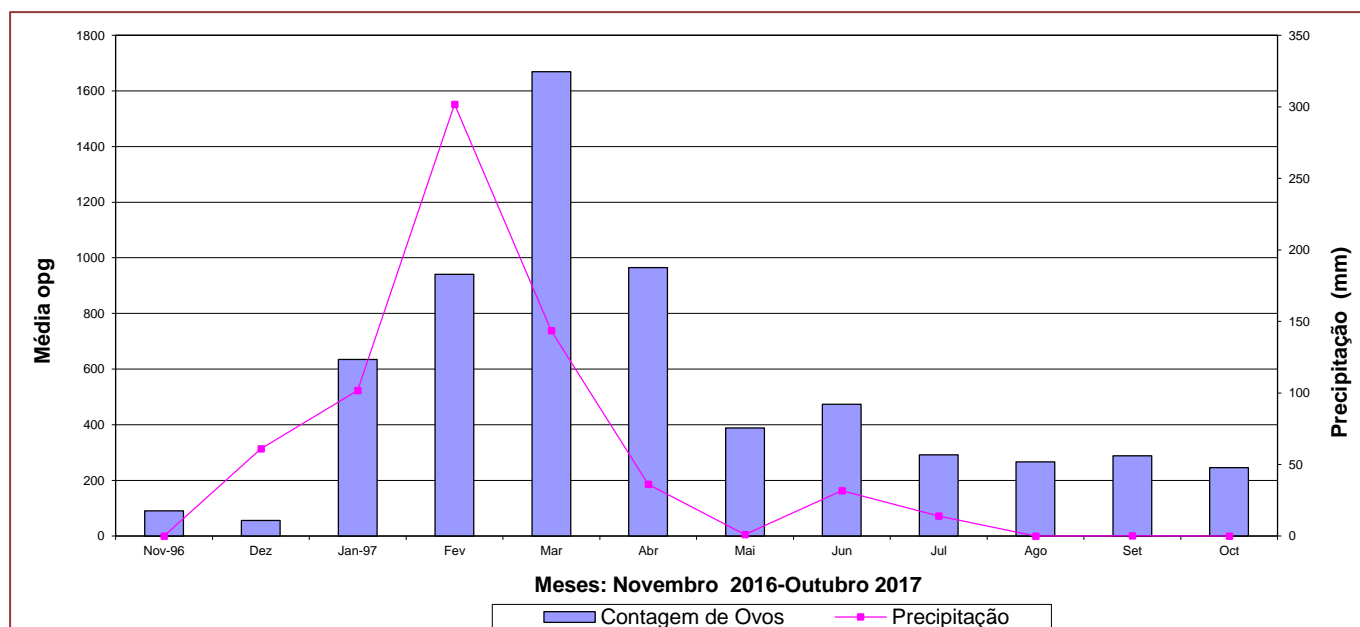


Fig. VIII: Contagem média de ovos de tricostrongilídeos e precipitação na província de Cabo Delgado



Capítulo 6

Uma abordagem sobre a avaliação e preservação do sêmen de zangões de abelhas melíferas (Apis mellifera L.)

Lucas da Silva Morais

Edgar Rodrigues de Araujo Neto

Hérica Girlane Tertulino Domingos

Leandro Alves da Silva

Andreia Maria da Silva

Ana Flávia Santos da Cunha

Nailton Oliveira de Sousa Chagas

Kátia Peres Gramacho

Resumo: A criopreservação de sêmen é uma biotécnica reprodutiva de grande importância, a qual visa a conservação do germoplasma masculino por tempo indeterminado. A possibilidade de utilização do sêmen de zangões de abelhas melíferas abriu diversas fronteiras para a conservação da espécie no mundo, além de proporcionar a troca de material genético de alto valor entre os criadores. Diante disso, essa revisão visa abordar os principais aspectos ligados a criopreservação do sêmen de zangões de abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e traz consigo informações atualizadas sobre os processos de coleta e avaliação do sêmen, diluição, diluentes utilizados, principais crioprotetores, criopreservação e descongelamento.

Palavras-chave: Crioprotetores. Descongelamento. Diluentes. Esperma

1. INTRODUÇÃO

As abelhas melíferas (*Apis mellifera*) desempenham um papel importante no quesito polinização, além de serem produtoras de mel e de outros insumos apícolas (ABDELKADER et al., 2014). Estima-se que aproximadamente 70% de todas as espécies agrícolas em todo o mundo dependem das abelhas para a polinização (POTTS et al., 2010). Em muitas regiões do habitat original da espécie, a biodiversidade das populações de abelhas melíferas está sob grandes ameaças (WEGENER & BIENEFELD, 2012). Portanto, não surpreende os esforços que estão sendo realizados para preservar os gametas das abelhas.

Na natureza a abelha rainha realiza a cópula com um grande número de zangões, para ser bem-sucedida é necessário sêmen de 20 a 25 machos (MORITZ, 1984; PAGE & PENG, 2001). A poliandria da rainha pode determinar o sucesso reprodutivo, consequentemente, a sobrevivência e o nível de produtividade da colônia (PETTIS et al., 2016). No entanto, a má qualidade seminal gera rainhas de pior qualidade, sendo esta considerada uma das principais causas de perda de colônias (LEE et al., 2019). O estudo da qualidade espermática e de processos de preservação é de considerável interesse de pesquisa.

A criopreservação do sêmen de zangões vem ganhando foco nos últimos anos, pois ela fornece um meio de armazenamento a longo prazo de material genético. O armazenamento desses gametas em nitrogênio líquido tem sido usado para manter um valioso material de reprodução para várias espécies de animais de importância agrícola (PURDY et al., 2015). Proteger os recursos genéticos das abelhas é importante para as futuras gerações de rainhas, apicultores, conservacionistas e do desenvolvimento da agricultura (HOPKINS et al., 2012; GÜL et al., 2017). Entretanto, antes da criopreservação do esperma de zangões, deve ser levado em consideração alguns fatores que possam aumentar o sucesso da fecundação (MORAIS et al., 2022).

Entre os fatores que podem alterar a taxa de reprodução, a qualidade espermática assume um efeito considerável, assim como os que ocorrem no processo de criopreservação. Daí a importância de estudos que envolvem qualidade espermática dos zangões, assim como meios de conservá-lo. Diante disso, o presente estudo apresenta um levantamento geral acerca dos principais aspectos ligados a criopreservação do sêmen de zangões de abelhas melíferas (*Apis mellifera*), com informações atualizadas sobre a coleta e avaliação do sêmen, diluição e os diluentes utilizados, principais crioprotetores, criopreservação e descongelamento.

2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESPERMÁTICA

2.1. COLETA E AVALIAÇÃO DO SÊMEN DE ZANGÕES

Duas técnicas principais de coleta de sêmen em zangões foram descritas baseadas na dissecação das vesículas seminais e na indução da ejaculação. Na década de 50, quando surgiram os primeiros estudos sobre sêmen de zangões, a técnica utilizada era a dissecação das vesículas seminais (MACKENSEN, 1955). No entanto, em processos de criopreservação essa técnica não é eficiente, devido a excesso de células secundárias, além dos espermatozoides e qualidade espermática (PENG et al., 1992; COLLINS & DONOUGUE, 1999).

A coleta do sêmen de zangões para criopreservação é usualmente efetuada pela técnica proposta por Collins e Donougue (1999), a qual o zangão fica preso na região da cabeça e tórax e seu abdômen é pressionado suavemente resultando na eversão do endófalco. Outra técnica descrita é a remoção do endófalco e posteriormente realizado um macerado (MORAIS et al., 2022), sendo este método eficiente apenas para avaliação espermática, impossibilitando a criopreservação e/ou inseminação instrumental.

O sêmen é coletado diretamente da ponta do endófalco, evertido em um tubo capilar de vidro conectado a uma seringa (COBEY et al., 2013), desconsiderando o muco no momento da coleta, pois o mesmo pode causar obstrução do capilar. Estudos indicam uma maior taxa de sucesso na coleta de sêmen coletado em zangões mais velhos do que em mais jovens (ROUSSEAU et al., 2015; YÁNIZ et al., 2020), entretanto, esses resultados podem variar de acordo com a linhagem genética, condições ambientais e condições de criação (RHODES et al., 2011). Após a coleta, o sêmen dos zangões deve ser avaliado de acordo com parâmetros macro e microscópicos (CASTELO et al., 2008). O volume do sêmen pode ser avaliado com a ajuda de uma seringa de precisão ou medição do comprimento preenchido do tubo capilar (0,1 a 2,4 μL , média de 1,0 μL por zangão) (YÁNIZ et al., 2020). Esse parâmetro pode apresentar diferença entre animais, influenciados por indivíduo, efeitos da idade, peso corporal, estação do ano e linhagem (GENÇER & KAHYA, 2011; RHODES et al., 2011).

As avaliações microscópicas podem ser caracterizadas geralmente por concentração espermática, motilidade espermática, viabilidade espermática (integridade da membrana plasmática) e morfologia espermática, entretanto, alguns estudos têm sido desenvolvidos sobre integridade acrossômica, função mitocondrial do espermatozoide, fragmentação do DNA, apoptose espermática, contaminação do sêmen e efeito do estresse oxidativo (LOCKE & PENG, 1993; LYBAERT et al., 2009; CIERESZKO et al., 2017; ALCAY et al., 2019; DOLNÍK et al., 2019).

A concentração espermática pode ser determinada manualmente através de microscopia com auxílio de um hemocitômetro (ROUSSEAU et al., 2015). Outros métodos, como espectrofotometria, podem ser utilizados para estimar a concentração espermática (CIERESZKO et al., 2017), no entanto, devido ao baixo volume do sêmen, acaba dificultando a espectrofotometria. O valor normal da concentração espermática para abelhas melíferas (*Apis mellifera*) está em torno de 2 e 9 milhões de espermatozoides por microlitro (μL) por zangão (YÁNIZ et al., 2020).

A motilidade espermática é importante no processo migratório dos espermatozoides para a espermateca da rainha e conseqüentemente a fertilização dos óvulos. Avalia-se a motilidade subjetivamente, com resultados expressos em porcentagem de células móveis, através de uma alíquota avaliada em microscópio (TARPY & OLIVAREZ, 2014; WEGENER et al., 2014). Já a integridade da membrana plasmática é um dos parâmetros mais comumente avaliados para análise do sêmen em abelhas, uma vez que a perda de integridade desta fina camada limite externa é considerada incompatível com a viabilidade do esperma (YÁNIZ et al., 2020). O método para avaliar o estado da membrana plasmática baseia-se no aumento da permeabilidade das membranas danificadas a diferentes tipos de sondas (LOCKE & PENG, 1993; COLLINS, 2000; STÜRUP et al., 2013; ROUSSEAU et al., 2015; CHAIMANEE et al., 2016; METZ & TARPY, 2019). Destaca-se também a avaliação da morfologia espermática, através da confecção de esfregaços e posteriormente levada a microscopia (LOVE, 2011; GONTARZ et al., 2016).

3. PROCESSOS DE PRESERVAÇÃO DO SÊMEN DE ABELHAS (*Apis mellifera*)

3.1. DILUIÇÃO E DILUENTES

O sêmen diluído na proporção adequada pode ser congelado por tempo indeterminado, permanecendo viável para fecundação quando reaquecido e utilizado em uma inseminação artificial/instrumental (SILVA, 2007; YANIZ et al., 2019). Diversos estudos em criopreservação de sêmen de zangões empregam diluições em proporções distintas. Essas pesquisas têm utilizado diluições baseadas na proporção do volume de sêmen: diluente, em diferentes proporções 1:1, 1:2, 1:3, 2:3, 1:5, 1:6, 1:9, 1:10 e 1:12 (TAYLOR et al., 2009; WEGENER e BIENEFELD, 2012; ALCAY et al., 2015; DADKHAH et al., 2016; PAILLARD et al., 2017).

A elevada concentração de espermatozoides gera intensa atividade metabólica, ocasionando rápido acúmulo de catabólitos no plasma seminal, sendo prejudicial à célula espermática (KOENINGER et al., 2005; YANIZ et al., 2019). A diminuição da concentração espermática até certos limites, regulada pela proporção diluente/espermatozoide, resultaria em uma maior proteção celular (SULEIMAN et al., 2021). Diluições elevadas podem levar a uma congelabilidade inadequada (AZEVEDO et al., 2000). Segundo Azevedo et al. (2000) a motilidade dos espermatozoides é um parâmetro de eficiência durante o processo de criopreservação, tornando mais efetivo o aproveitamento do ejaculado para inseminação.

O sêmen dos zangões tem uma alta concentração espermática, com cerca de 7 milhões/ μL (KOENIGER & KOENIGER, 2007; QUARTUCCIO et al., 2020; ABDELKADER et al., 2021). Durante o processo de preservação dos espermatozoides, o sêmen deve passar por um processo de diluição. A diluição ocasiona um aumento significativo na motilidade e viabilidade dos espermatozoides (DADKHAH et al., 2016). Taylor et al. (2009) mostraram que taxas de diluição mais altas ($> 1:3$ sêmen: diluente) obtiveram viabilidade levemente maior em comparação ao sêmen com diluições mais baixas. Harbo (1977) encontrou que os espermatozoides migravam com mais facilidade para a espermateca das rainhas após serem inseminadas com sêmen criopreservado em uma diluição mais alta. As taxas de fertilidade e sobrevivência dos espermatozoides variam com o diluente utilizado e protocolos de criopreservação (DADKHAH et al., 2016).

Um bom diluente deve conter características essenciais para a nutrição e manutenção das células espermáticas, além de servir como tampão, ajustando as alterações do pH, atuar na manutenção da pressão osmótica, proteger as células contra o choque térmico durante o resfriamento, possuir crioprotetores que atuem na proteção das células aos danos durante a congelação e posterior descongelação e atividade antimicrobiana, através da adição de antibióticos (ALCAY et al., 2019; YANIZ et al., 2019; AUTH & HOPKINS, 2021). De acordo com Rajamohan et al. (2020), um diluente para ser utilizado na criopreservação de zangões deve ser constituído por tampão Tris, contendo concentrações de Na^+ e K^+ semelhantes às encontradas na espermateca da abelha rainha, ajustado a um pH de 7.19.

O Tris ((Tris-hidroximetil-aminometano - $\text{H}_2\text{NC}(\text{CH}_2\text{OH})_3$) é a substância mais comumente utilizada nos diluentes de sêmen de zangões (DADKHAH et al., 2016; PAILLARD et al., 2017; QUARTUCCIO et al., 2020; RAJAMOHAN et al., 2020). Ela é solúvel em água, sendo disponível comercialmente em um grau de pureza elevado (SILVA, 2007). De acordo com McPhail e Goodman (1984), o Tris permanece estável em temperatura ambiente por diversos meses, atuando como um tampão iônico bipolar em pH entre 7,0 e 9,0. Além do Tris, outras substâncias também entram na composição do diluente como glicose e frutose (fontes energéticas), gema de ovo (crioprotetor externo),

Dimetilssufóxido – DMSO (crioprotetor interno) e antibióticos como amoxicilina (TAYLOR et al., 2009; ALCAY et al., 2015).

No decorrer dos anos, trabalhos com diferentes substâncias para diluentes estão sendo desenvolvidos, assim como a tentativa de utilização de diluentes comerciais devido a praticidade e por serem mais baratos. Uma delas é a utilização de diluentes a base de água de coco, na qual em mamíferos estão demonstrando similaridade nos resultados em comparação a diluentes a base de Tris (SILVA et al., 2006). Almeida e Soares (2002) utilizaram diluentes a base de água de coco para o armazenamento de sêmen de zangões de abelha, mantendo motilidade até 15 dias de estocado. Embora a utilização de outras substâncias demonstre resultados satisfatórios após a congelação-descongelação, ainda há a necessidade de maiores estudos.

3.2. CRIOPROTETORES

A criopreservação tem por objetivo manter a viabilidade e funcionalidade das células em baixas temperaturas. Durante a congelação e descongelação, ocorrem flutuações no volume celular que contribuem para danos celulares quando ultrapassam os limites de tolerância das membranas (CASTELO et al., 2008). Um dos principais problemas dos espermatozoides submetidos a esta técnica é a formação de cristais de gelo no seu interior, levando-os a injúrias e morte (WEGENER et al., 2014). Diante disso, a adição de crioprotetores melhora a sobrevivência celular após os processos de congelação e descongelação (SILVA, 2007).

Os agentes crioprotetores são substâncias hidrossolúveis, que baixam o ponto eutético de uma solução. Esses agentes pertencem a três tipos: álcoois, açúcares e DMSO (BLANCO et al., 2000). Especificando ainda mais, eles podem ser divididos em dois grupos: os que penetram nas células, como o DMSO, metanol, glicerol e o etileno-glicol, daqueles que permanecem no meio extracelular, como as proteínas, os açúcares e o polivinilpirrolidona (SILVA, 2007).

De acordo com Silva e Guerra (2011) o sucesso da criopreservação depende, entre outros fatores, da natureza do crioprotetor, da concentração do mesmo e da composição do diluente, no processo de congelação e descongelação. Os crioprotetores têm uma importância primordial, pois são encarregados de minimizar o estresse físico e químico que os espermatozoides sofrem durante os processos de criopreservação (ALCAY et al., 2015).

O DMSO (Dimetilssufóxido) é utilizado frequentemente na criopreservação de sêmen de abelhas, evitando o acúmulo excessivo de eletrólitos, pois se liga a eles durante o processo de congelação, evitando a formação de cristais de gelo que danificam a estrutura da membrana (GRÖTTER et al., 2019). Em comparação com o glicerol, sua ação é mais rápida, sendo mais efetivo e menos tóxico (BLANCO et al., 2000; TAYLOR et al., 2009). A toxicidade dos crioprotetores é um dos fatores mais importantes a serem avaliados no desenvolvimento de protocolos de criopreservação (WEGENER e BIENEFELD, 2012).

No sêmen dos zangões, as primeiras tentativas para remoção dos crioprotetores do sêmen descongelado antes da inseminação foram realizadas por Wegener e Bienefeld (2012) na tentativa de reduzir os efeitos tóxicos através da combinação de crioprotetores e por Paillard et al. (2017) que utilizaram a centrifugação para remoção destes, antes da inseminação instrumental. Harbo (1977) descobriu que até 10% de DMSO na diluição do sêmen usada para inseminação não tinha efeito sobre a espermateca da rainha, além de

ter levado a uma maior sobrevivência pós descongelamento (HARBO, 1977; TAYLOR et al., 2009; GÜL et al., 2017). Com isso o DMSO se tornou o crioprotetor de escolha para os estudos sobre preservação de sêmen de zangões.

Além do DMSO, a gema de ovo de galinha tem sido adicionada aos diluentes de sêmen por proteger a membrana plasmática, como crioprotetor extracelular, restaurando os fosfolípidios perdidos oriundos do choque térmico que ocorre durante o resfriamento inicial (HAMMERSTEDT et al., 1990; SILVA, 2007; DADKHAH et al., 2016). Segundo Bouchard et al. (1990) a proteção que a gema de ovo promove, pode ser devido à presença de uma lipoproteína chamada fosfatidilcolina, as quais propiciam a proteção durante o choque térmico devido a sua interação com a estrutura lipídica da membrana plasmática, além da prevenção de hialuronidase pela célula espermática (FOULKES, 1977). Apesar dos seus efeitos benéficos para a célula espermática, a gema apresenta alguns inconvenientes, como a possibilidade de transmissão de doenças (LOEZA-CONCHA et al., 2019).

A associação do DMSO com a gema de ovo já foi estudada, e resultados positivos na criopreservação do sêmen de zangões foram observados, demonstrando motilidade superior a 40% no sêmen descongelado (DADKHAH et al., 2016; LOEZA-CONCHA et al., 2019). Além da associação de outras substâncias como lecitina de soja 0,5% e 2% e geleia real nas concentrações de 1%, 2%, 4% e 8%, obtendo resultados relevantes para substituição ou aprimoramento de uma solução para criopreservação (DADKHAH et al., 2016; ALCAY et al., 2019). Com isso demonstra a necessidade de estudos envolvendo a toxicidade e o efeito protetivos dos crioprotetores.

3.3. CRIOPRESERVAÇÃO

A criopreservação de sêmen, à temperatura de -196°C , em nitrogênio líquido é comumente utilizada, devido a sua capacidade de manter as células espermáticas férteis por um período indefinido, entretanto, grande proporção destas não conseguem sobreviver ao processo de congelamento e descongelamento (SILVA & GUERRA, 2011; PAILLARD et al., 2017). Em zangões, a criopreservação pode ser utilizada para manter e aumentar a variabilidade genética dentro das populações (ALCAY et al., 2019). Estudos mostram que a diversidade genética demonstrou aumentar a resistência a doenças de abelhas (MATTILLA & SEELEY, 2007).

Os primeiros estudos de criopreservação do sêmen de zangões foram realizados durante as décadas de 70 e 80 (HARBO, 1977; HARBO, 1983; KAFTANOGLU & PENG, 1984). Kaftanoglu e Peng (1984), conseguiram preservar com um alto grau de motilidade após o descongelamento, no entanto, a fertilidade permaneceu baixa. Na última década, assuntos sobre criopreservação do sêmen de zangões de abelhas melíferas voltaram à tona (HOPKINS et al., 2012; WEGENER & BIENEFELD, 2012; ALCAY et al., 2015; DADKHAH et al., 2016; GÜL et al., 2017; PAILLARD et al., 2017; ALCAY et al., 2019; RAJAMOHAN et al., 2020), dada sua importância na conservação do material genético.

O método de criopreservação de sêmen de zangões de abelhas melíferas ainda não foi padronizado. No entanto, devido ao sucesso de congelamento e descongelamento, alguns trabalhos estão sendo utilizados como modelo, sofrendo adaptações de acordo as necessidades (DADKHAH et al., 2016; PAILLARD et al., 2017). Além disso, a utilização de métodos e técnicas de criopreservação de espermatozoides de mamíferos para a preservação dos espermatozoides das abelhas estão sendo utilizado devido a melhoria na

qualidade espermática (TAYLOR et al., 2009). A diluição do sêmen em tris acrescido de gema de ovo e DMSO, tem sido comumente usada na criopreservação de espermatozoides de zangões, no entanto, as proporções podem variar (DADKHAH et al., 2016; PAILLARD et al., 2017; LOEZA-CONCHA et al., 2019). Inúmeros trabalhos vêm mostrando diversas curvas de congelamento, Taylor et al. (2009), mantiveram as amostras em um ciclo de resfriamento e congelamento programado por computador, levando-as de 25 a -80°C em 62 minutos. Em seguida, esses autores transferiram as amostras para um botijão criogênico a -196°C, na qual as amostras ficaram armazenadas até o momento de avaliação.

Além da criopreservação, outra forma de conservar os espermatozoides é em temperaturas acima de 0°C. Paillard et al. (2017), compararam a criopreservação a -196°C com o sêmen preservado a 16°C, com 180 dias, ambos os descongelados tiveram uma viabilidade acima de 60%, já após 330 dias, apenas os espermatozoides criopreservados continuavam com viabilidade. Esses resultados demonstram que a criopreservação é o meio mais eficiente de conservação em longo prazo.

3.4. DESCONGELAÇÃO

Existem diversos protocolos mostrando diferentes temperaturas e velocidade de descongelamento para sêmen de zangões. Paillard et al. (2017) sugerem que a descongelamento do sêmen a 37°C por 30s é um método seguro, utilizando palhetas de 0,25mL, os quais descongelaram espermatozoides viáveis após 330 dias. Dadkhah et al. (2016) sugerem a temperatura de 40°C por 10s, tendo demonstrado motilidade e viabilidade acima de 80% no descongelado. A permanência prolongada do sêmen em temperaturas elevadas pode ser letal para os espermatozoides, impactando sobre a viabilidade espermática (BADINAND et al., 1990).

A temperatura e o tempo ideal de descongelamento em espermatozoides de zangões ainda não são completamente difundidas. Resultados satisfatórios são encontrados em descongelados de 35°C (AUTH & HOPKINS, 2021) a 40°C (DADKHAH et al., 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, as abelhas são animais que proporcionam economicamente uma rentabilidade aos produtores, além de serem eficientes no quesito polinização. É de suma importância a realização de estudos que visem a maximização do potencial reprodutivo desses animais. Com o avanço das técnicas de criopreservação se torna mais eficiente a estocagem do sêmen desses animais por tempo indeterminado, além disso, técnicas como inseminação instrumental, eleva a variabilidade genética. Apesar de ser largamente discutido, a criopreservação do sêmen de zangões de abelhas melíferas está em constante evolução, principalmente, com a realização de pesquisas para melhorar os parâmetros pós-descongelamento, assim como a toxicidade de crioprotetores utilizados no processamento das amostras.

REFERÊNCIAS

- [1] ABDELKADER, F.; KAIRO, G.; TCHAMITCHIAN, S.; COUSIN, M.; SENECHAL, J.; CRAUSER, D.; VERMANDERE, J.; ALAUX, C.; CONTE, Y.; BELZUNCES, L.; BARBOUCHE, N.; BRUNET, J.-L. Semen quality of honey bee drones maintained from emergence to sexual maturity under laboratory, semi-field and field conditions. *Apidologie*, v. 45, n. 2, p. 215–223, 2014.
- [2] ALCAY, S.; ÇAKMAK, S.; ÇAKMAK, I.; MULKPINAR, E.; GOKCE, E.; USTUNER, B.; SEN, H.; NUR, Z. Effects of various cryoprotective agents on post-thaw drone semen quality. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, v. 21, n. 1, p. 1-5, 2015.
- [3] ALCAY, S.; USTUNER, B.; ÇAKMAK, I.; ÇAKMAK, S.; NUR, Z. Successful cryopreservation of honey bee drone spermatozoa with royal jelly supplemented extenders. *Cryobiology*, v. 87, p. 28–31, 2019.
- [4] ALMEIDA, R.; SOARES, A. E. E. Usage of green coconut water and different tissue culture media for in vitro honey bee semen storage (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apoidea). *Interciencia*, v. 27, n. 6, p. 317-321, 2002.
- [5] AUTH, C. A.; HOPKINS, B. K. Nitrogen vapor immersion: An accessible alternative for honey bee (*Apis mellifera* L.) semen cryopreservation. *Cryobiology*, v. 100, p. 12–18, 2021.
- [6] ABDELKADER, F. B.; ÇAKMAK, İ.; ÇAKMAK, S. S.; NUR, Z.; İNCEBIYIK, E.; AKTAR, A.; ERDOST, H. Toxicity assessment of chronic exposure to common insecticides and bee medications on colony development and drones sperm parameters. *Ecotoxicology*, v. 30, n. 5, p. 806–817, 2021.
- [7] AZEVEDO, H. C.; MACHADO, R.; SIMPLÍCIO, A. A.; SOARES, A. T. Características do sêmen caprino congelado: influência do tipo de palheta e concentração espermática. *Revista Científica Rural*, v. 5, n.2, p. 148-157, 2000.
- [8] BADINAND, F.; FONTBONNE, A.; ADOUE, C. Préparation, conditionnement, conservation et utilisation de la semence du chien en insémination artificielle. *Elevage et Insémination*, v.239, p.3-15, 1990.
- [9] BLANCO, J. M.; GEE, G.; WILDT, D. E.; DONOGHUE, A. M. Species variation in osmotic, cryoprotectant, and cooling rate tolerance in poultry, eagle, and peregrine falcon spermatozoa. *Biology of Reproduction*, v. 63, n. 4, p. 1164–1171, 2000.
- [10] BOUCHARD, G. F.; MORRIS, J. K.; SIKES, J. D.; YOUNGQUIST, R. S. Effect of storage temperature, cooling rates and two different semen extenders on canine spermatozoal motility. *Theriogenology*, v. 34, n. 1, p. 147–157, 1990.
- [11] CASTELO, T. S.; FROTA, T. R.; SILVA, A. R. Considerações sobre a criopreservação do sêmen de caprinos. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 2, n. 3, p. 67–75, 2008.
- [12] CIERESZKO, A. WILDE, J.; DIETRICH, G. J.; SIUDA, M.; BAĞ, B.; JUDYCKA, S.; KAROL, H. Sperm parameters of honeybee drones exposed to imidacloprid. *Apidologie*, v. 48, n. 2, p. 211–222, 2017.
- [13] CHAIMANEE, V.; EVANS, J. D.; CHEN, Y.; JACKSON, C.; PETTIS, J. S. Sperm viability and gene expression in honey bee queens (*Apis mellifera*) following exposure to the neonicotinoid insecticide imidacloprid and the organophosphate acaricide coumaphos. *Journal of insect physiology*, v. 89, p. 1-8, 2016.
- [14] COBEY, S. W.; TARPY, D. R.; WOYKE, J. Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*, v. 52, n. 4, p. 1–18, 2013.
- [15] COLLINS, A. M. Survival of Honey Bee (*Hymenoptera*: *Apidae*) Spermatozoa Stored at Above-Freezing Temperatures. *Journal of Economic Entomology*, v. 93, n. 3, p. 568–571, 2000.
- [16] COLLINS, A. M.; DONOGHUE, A. M. Viability assessment of honey bee, *Apis mellifera*, sperm using dual fluorescent staining. *Theriogenology*, v. 51, n. 8, p. 1513–1523, 1999.
- [17] DADKHAH, F. NEHZATI-PAGHALEH, G.; ZHANDI, M.; EMAMVERDI, M.; HOPKINS, B. K. Preservation of honey bee spermatozoa using egg yolk and soybean lecithin-based semen extenders and a modified cryopreservation protocol. *Journal of Apicultural Research*, v. 55, n. 4, p. 279–283, 2016.
- [18] DOLNÍK, M.; MUDROŇOVÁ, D.; POŠIVÁK, J.; LAZAR, G.; MUDROŇ, P. Flow cytometry in assessment of sperm integrity and functionality – a review. *Acta Veterinaria Brno*, v. 88, n. 2, p. 169–175, 2019.

- [19] FOULKES, J. A. The separation of lipoproteins from egg yolk and their effect on the motility and integrity of bovine spermatozoa. *Reproduction*, v. 49, n. 2, p. 277–284, 1977.
- [20] GENÇER, H. V.; KAHYA, Y. Are sperm traits of drones (*Apis mellifera* L.) from laying worker colonies noteworthy? *Journal of Apicultural Research*, v. 50, n. 2, p. 130–137, 2011.
- [21] GONTARZ, A.; BANASZEWSKA, D.; GRYZINSKA, M.; ANDRASZEK, K. Differences in drone sperm morphometry and activity at the beginning and end of the season. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, v. 40, p. 598–602, 2016.
- [22] GRÖTTER, L. G.; CATTANEO, L.; MARINI, P. E.; KJELLAND, M. E.; FERRÉ, L. B. Recent advances in bovine sperm cryopreservation techniques with a focus on sperm post-thaw quality optimization. *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene*, v. 54, n. 4, p. 655–665, 2019.
- [23] GÜL, A.; ŞAHINLER, N.; ONAL, A. G.; HOPKINS, B. K.; SHEPPARD, W. S. Effects of diluents and plasma on honey bee (*Apis mellifera* L.) drone frozen-thawed semen fertility. *Theriogenology*, v. 101, p. 109–113, 2017.
- [24] HAMMERSTEDT, R. H.; GRAHAM, J. K.; NOLAN, J. P. Cryopreservation of Mammalian Sperm: What We Ask Them to Survive. *Journal of Andrology*, v. 11, n. 1, p. 73–88, 1990.
- [25] HARBO, J. R. Survival of Honey Bee Spermatozoa in Liquid Nitrogen¹. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 70, n. 2, p. 257–258, 1977.
- [26] HARBO, J. R. Survival of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Spermatozoa after Two Years in Liquid Nitrogen (–196°C)¹. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 76, n. 5, p. 890–891, 1983.
- [27] HOPKINS, B. K.; HERR, C.; SHEPPARD, W. S.; HOPKINS, B. K.; HERR, C.; SHEPPARD, W. S. Sequential generations of honey bee (*Apis mellifera*) queens produced using cryopreserved semen. *Reproduction, Fertility and Development*, v. 24, n. 8, p. 1079–1083, 2012.
- [28] KAFTANOGLU, O.; PENG, Y.-S. Preservation of Honeybee Spermatozoa in Liquid Nitrogen. *Journal of Apicultural Research*, v. 23, n. 3, p. 157–163, 1984.
- [29] KOENIGER, G.; KOENIGER, N.; TINGEK, S.; PHIANCHAROEN, M. Variance in spermatozoa number among *Apis dorsata* drones and among *Apis mellifera* drones. *Apidologie*, v. 36, n. 2, p. 279–284, 2005.
- [30] KOENIGER, N.; KOENIGER, G. Mating flight duration of *Apis mellifera* queens: As short as possible, as long as necessary. *Apidologie*, v. 38, n. 6, p. 606–611, 2007.
- [31] LEE, K. V.; GOBLIRSCH, M.; MCDERMOTT, E.; TARPY, D. R.; SPIVAK, M. Is the Brood Pattern within a Honey Bee Colony a Reliable Indicator of Queen Quality? *Insects*, v. 10, n. 1, p. 12, 2019.
- [32] LOCKE, S.; PENG, Y. The effects of drone age, semen storage and contamination on semen quality in the honey bee (*Apis mellifera*), 1993.
- [33] LOEZA-CONCHA, H.; DOMÍNGUEZ-REBOLLEDO, Á.; COPAS-MEDINA, K.; VIVAS-RODRÍGUEZ, J.; ESCALERA-VALENTE, F.; RAMÓN-UGALDE, J.; LOEZA-CONCHA, H.; DOMÍNGUEZ-REBOLLEDO, Á.; COPAS-MEDINA, K.; VIVAS-RODRÍGUEZ, J.; ESCALERA-VALENTE, F.; RAMÓN-UGALDE, J. Effect of egg yolk on sperm cryopreservation of drone (*Apis mellifera*). *Abanico veterinario*, v. 9, 2019.
- [34] LOVE, C. C. Relationship between sperm motility, morphology and the fertility of stallions. *Theriogenology*, v. 76, n. 3, p. 547–557, 2011.
- [35] LYBAERT, P.; DANGUY, A.; LELEUX, F.; MEURIS, S.; LEBRUN, P. Improved methodology for the detection and quantification of the acrosome reaction in mouse spermatozoa. *Histology and Histopathology*, v. 24, n. 8, p. 999–1007, 2009.
- [36] MACKENSEN, O. Experiments in the Technique of Artificial Insemination of Queen Bees¹. *Journal of Economic Entomology*, v. 48, n. 4, p. 418–421, 1955.
- [37] MATTILA, H. R.; SEELEY, T. D. Genetic diversity in honey bee colonies enhances productivity and fitness. *Science (New York, N.Y.)*, v. 317, n. 5836, p. 362–364, 2007.
- [38] MCPHAIL, D. B.; GOODMAN, B. A. Tris buffer--a case for caution in its use in copper-containing systems. *Biochemical Journal*, v. 221, n. 2, p. 559–560, 1984.
- [39] METZ, B. N.; TARPY, D. R. Reproductive Senescence in Drones of the Honey Bee (*Apis mellifera*). *Insects*, v. 10, n. 1, p. 11, 2019.

- [40] MORAIS, L. S.; ARAUJO NETO, E. R.; SILVA, A. M.; MARINHO, D. E. L.; BEZERRA, L. G. P.; VELARDE, J. M. D. S.; SILVA, A. R.; GRAMACHO, K. P.; MESSAGE, D. Sperm characteristics of Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) drones during dry and wet seasons in the Caatinga biome. *Journal of Apicultural Research*, v. 0, n. 0, p. 1–8, 2022.
- [41] MORITZ, R. F. A. The Effect of Different Diluents on Insemination Success in the Honeybee Using Mixed Semen. *Journal of Apicultural Research*, v. 23, n. 3, p. 164–167, 1984.
- [42] PAILLARD, M.; ROUSSEAU, A.; GIOVENAZZO, P.; BAILEY, J. L. Preservation of Domesticated Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Drone Semen. *Journal of Economic Entomology*, v. 110, n. 4, p. 1412–1418, 2017.
- [43] PAGE, J. R.; ROBERT, E.; PENG, C. Y. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. *Experimental gerontology*, v. 36, n. 4-6, p. 695-711, 2001.
- [44] PENG, C. Y-S.; YIN, C-M.; YIN, L. R. S. Effect of rapid freezing and thawing on cellular integrity of honey bee sperm. *Physiological entomology*, v. 17, n. 3, p. 269-276, 1992.
- [45] PETTIS, J. S.; RICE, N.; JOSELOW, K.; VANENGELSDORP, D.; CHAIMANEE, V. Colony Failure Linked to Low Sperm Viability in Honey Bee (*Apis mellifera*) Queens and an Exploration of Potential Causative Factors. *PLOS ONE*, v. 11, n. 2, p. e0147220, 2016.
- [46] POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.
- [47] PURDY, P. H.; WILSON, C. S.; SPILLER, S. F.; BLACKBURN, H. D. Biobanking genetic resources: challenges and implementation at the USDA National Animal Germplasm Program. *Reproduction, Fertility, and Development*, 2015.
- [48] QUARTUCCIO, M.; CRISTARELLA, S.; SCROFANI, A.; BIONDI, V.; DE MAJO, M.; MANNARINO, C.; CRAVANA, C.; MEDICA, P.; FAZIO, E. The sperm of *Apis mellifera siciliana* and *Apis mellifera ligustica*: A preliminary and comparative note. *Journal of Apicultural Research*, v. 59, n. 5, p. 1011–1016, 2020.
- [49] RAJAMOCHAN, A.; DANKA, R. G.; HOPKINS, B. K.; RINEHART, J. P. A non-activating diluent to prolong in vitro viability of *Apis mellifera* spermatozoa: Effects on cryopreservation and on egg fertilization. *Cryobiology*, v. 92, p. 124–129, 2020.
- [50] RHODES, J.; HARDEN, S.; SPOONER-HART, R.; ANDERSON, D.; WHEEN, G. Effects of age, season and genetics on semen and sperm production in *Apis mellifera* drones. *Apidologie*, v. 42, n. 1, p. 29, 2011.
- [51] ROUSSEAU, A.; FOURNIER, V.; GIOVENAZZO, P. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) drone sperm quality in relation to age, genetic line, and time of breeding. *The Canadian Entomologist*, v. 147, n. 6, p. 702–711, 2015.
- [52] SILVA, A. R.; CARDOSO, R. DE C. S.; SILVA, L. D. M. DA. Comparação entre a água de coco em pó (ACP®) e o Tris como diluidores na criopreservação do sêmen de cães. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 43, n. 6, p. 767–774, 2006.
- [53] SILVA, A. R. Atualidades sobre a criopreservação do sêmen de cães. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 31, n. 1, p. 119-127, 2007.
- [54] SILVA, S. V.; GUERRA, M. M. P. Efeitos da criopreservação sobre as células espermáticas e alternativas para redução das crioinjúrias. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 35, n. 4, p. 370-384, 2011.
- [55] STÜRUP, M.; BAER-IMHOOF, B.; NASH, D. R.; BOOMSMA, J. J.; BAER, B. When every sperm counts: factors affecting male fertility in the honeybee *Apis mellifera*. *Behavioral Ecology*, v. 24, n. 5, p. 1192–1198, 2013.
- [56] SULEIMAN, J. B.; BAKAR, A. B. A.; MOHAMED, M. Review on Bee Products as Potential Protective and Therapeutic Agents in Male Reproductive Impairment. *Molecules*, v. 26, n. 11, p. 3421, 2021.
- [57] TARPY, D. R.; OLIVAREZ, R. Measuring sperm viability over time in honey bee queens to determine patterns in stored-sperm and queen longevity. *Journal of Apicultural Research*, v. 53, n. 4, p. 493–495, 2014.
- [58] TAYLOR, M. A.; GUZMÁN-NOVOA, E.; MORFIN, N.; BUHR, M. M. Improving viability of

cryopreserved honey bee (*Apis mellifera* L.) sperm with selected diluents, cryoprotectants, and semen dilution ratios. *Theriogenology*, v. 72, n. 2, p. 149–159, 2009.

[59] WEGENER, J.; MAY, T.; KAMP, G.; BIENEFELD, K. A successful new approach to honeybee semen cryopreservation. *Cryobiology*, v. 69, n. 2, p. 236–242, 2014.

[60] WEGENER, J.; BIENEFELD, K. Toxicity of cryoprotectants to honey bee semen and queens. *Theriogenology*, v. 77, n. 3, p. 600–607, 2012.

[61] YÁÑIZ, J. L.; SILVESTRE, M. A.; SANTOLARIA, P. Sperm Quality Assessment in Honey Bee Drones. *Biology*, v. 9, n. 7, p. 174, 2020.

[62] YÁÑIZ, J.; PALACÍN, I.; SANTOLARIA, P. Effect of chamber characteristics, incubation, and diluent on motility of honey bee (*Apis mellifera*) drone sperm. *Apidologie*, v. 50, n. 4, p. 472–481, 2019.

Capítulo 7

Morfometria de asa como aliada na conservação das abelhas africanizadas do Brasil

Edgar Rodrigues de Araujo Neto

Lucas da Silva Morais

Hérica Girlane Tertulino Domingos

Leandro Alves da Silva

Nailton Oliveira de Sousa Chagas

Tuanny Daniele de Araujo Gomes

Débora Andrea Evangelista Façanha

Kátia Peres Gramacho

Resumo: A abelha africanizada *Apis mellifera* L. por se tratar de um poli-híbrido apresenta uma grande variabilidade genética, morfológica e comportamental. Apesar de bastante estudada principalmente em relação a sua importância ecológica, fácil adaptação, ampla distribuição e por sua capacidade de se estabelecer de forma eficiente em diversas regiões, podemos observar certa dificuldade na identificação dos ecótipos de abelhas africanizadas no Brasil, demonstrando assim uma necessidade de um conhecimento mais aprofundado das técnicas que podem nos auxiliar nessas identificações. Com a observação desta dificuldade, o objetivo desta revisão é aprofundar o conhecimento sobre a aplicação da técnica da morfometria geométrica das asas nas abelhas africanizadas do Brasil e concluir se é viável ou não a sua utilização no processo de identificação desses ecótipos. Por que utilizar a morfometria geométrica das asas? Morfometria geométrica das asas é igual à morfometria clássica ou ao sistema ABIS? É possível identificar variações nas asas das abelhas africanizadas? A presente revisão propõe respostas para essas e outras perguntas associadas à técnica da morfometria geométrica das asas e as abelhas africanizadas no Brasil.

Palavras-chave: Africanização. Análise morfométrica. *Apis mellifera*. Recurso genético.

1. INTRODUÇÃO

Em 1956 o Dr. Kerr recebe do governo brasileiro o convite de viajar para a África do Sul com o objetivo de selecionar rainhas da espécie *Apis mellifera scutellata* com características de maior resistência e produtividade, visando à implantação de programas de melhoramento genético no Brasil através de cruzamentos controlados das abelhas africanas com as europeias já presentes no país (AFONSO, 2012; GONÇALVES, 1974; GONÇALVES, 1992; KERR, 1967). Durante o período da quarentena, 26 rainhas fugiram por erros de manejo, reproduzindo-se assim com as colônias na natureza (COELHO, 2005). O cruzamento da abelha africana com as abelhas europeias deu origem ao polihíbrido conhecido como abelha africanizada (GONÇALVES, 1998; FAQUINELLO, 2007).

Com a necessidade de entendimento das abelhas, faz-se necessário buscar as relações filogenéticas e o estudo da sua população, buscando identificar as adaptações evolutivas ao seu meio. Levando em consideração a distribuição e a hibridização das abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.), esses estudos são de suma importância para entender as dinâmicas populacionais, possibilitando conhecer as linhagens mais adaptadas a certos ambientes, tornando possíveis programas de melhoramento genético e de conservação mais eficientes (KADRI, 2016), mantendo linhagens mais resistentes e com as características desejadas (COBEY & SCHLEY, 2002). Conhecendo as abelhas africanizadas e sabendo que sua origem vem de cruzamentos livres, pode-se observar que existem diferentes níveis de africanização e diferentes características entre colônias alocadas no mesmo ambiente sob as mesmas condições. Diante disso, pode-se fazer a seguinte pergunta: essas características estão associadas aos níveis de africanização? Os estudos sobre morfometria dão embasamento para responder este e outros questionamentos que visam identificar o posicionamento racial destas abelhas. Essas informações são importantes para entender melhor a adaptação das populações de abelhas africanizadas, conhecendo a maior ou menor proximidade das populações atuais das subespécies, o que ajudará a entender melhor a biologia dessas abelhas.

2. UTILIZAÇÃO DA MORFOMETRIA EM ABELHAS

A morfometria trata-se de um estudo matemático das formas físicas que comprovam as variações morfológicas e individuais de determinadas espécies ao longo dos tempos e eles comprovam variações entre espécies diferentes. A morfometria tradicional é o estudo que aponta quanto e como as medidas variam e se essas variações podem estar correlacionadas umas com as outras (GRASSI, 2009). No entanto, os organismos são serem multidimensionais, e assim, as comparações de medidas não são suficientes para descrever os organismos, demonstrando que o conjunto de distâncias lineares é insuficiente para capturar a geometria do objeto original. É aí que, na década de 90, surge a morfometria geométrica como uma alternativa para descrever e representar a forma geométrica real dos objetos de estudos e, detectar variações morfológicas que a morfometria tradicional não conseguiu detectar (BOOKSTEIN, 1991; MORAES, 2003).

Em *Apis mellifera*, os estudos morfométricos são muito utilizados sobre a estrutura populacional e sobre a variação geográfica entre populações de abelhas, desta forma, e como definido por Francoy e Imperatriz-Fonseca (2010), a morfometria é uma ferramenta importante para definir e separar espécies, subespécies e ecótipos. Quando tratamos de abelhas no geral, podemos observar uma gigante variedade de formas, podendo diferenciar rapidamente uma *Xylocopa* de uma *Euglossini*, no entanto, comparando subespécies do gênero *Apis* os estudos começam a exigir técnicas mais

avançadas. Quando se faz necessário partir para a identificação de ecótipos de abelhas africanizadas situadas no vasto território brasileiro e com apenas pequenas diferenciações, técnicas mais avançadas são fundamentais, e foi assim que a morfometria geométrica de asa teve início no Brasil, visando diferenciar esses ecótipos e associá-los as suas raças de origem. O primeiro passo para um programa de conservação de sucesso é identificar a espécie a ser estudada. Quando se é falado em identificação de espécies de abelhas, temos uma diversidade que chega a cerca de 20.000 espécies, onde dentre elas sua grande maioria são de abelhas solitárias e cerca de 1000 sociais (IMPERATRIZ-FONSECA & NUNES-SILVA, 2010).

3. MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ASA DAS ABELHAS AFRICANIZADAS NO BRASIL

Podemos apontar como trabalhos pioneiros na utilização da morfometria geométrica de asa das abelhas africanizadas no Brasil o de Monteiro *et al.* (2002) onde teve como objetivo a criação de um protocolo usando distâncias de forma que incorporam técnicas geométricas em modelos genéticos quantitativos lineares que devem fornecer insights sobre a contribuição da genética para a variação de formas em organismos e a tese de doutorado do Dr. Francoy, em 2007, a qual teve como um dos seus objetivos testar o uso de morfometria geométrica e do software ABIS na identificação de populações, subespécies e outros grupos de abelhas *Apis mellifera*. Como resultados, a pesquisa apontou que as abelhas africanizadas do Brasil possuem um padrão de venação mais similar ao padrão das africanas *A. m. scutellata*, os resultados obtidos demonstraram que apesar da similaridade ainda é possível distinguir as abelhas africanizadas das abelhas africanas. O trabalho de Francoy (2007) é considerado como o marco da morfometria geométrica de asa, pois até a presente data a metodologia aplicada para morfometria geométrica de asa é baseada nos 19 marcos anatômicos propostos na sua tese.

Mesmo antes do final da sua tese, Francoy *et al.* (2006) propõem que diferenças morfométricas em uma única célula da asa podem discriminar tipos raciais de *Apis mellifera*, no presente trabalho a metodologia que propõe marcar os 19 marcos anatômicos referentes as nervuras das asas é substituída pela marcação de apenas 5 marcos anatômicos apenas na célula radial da asa. O resultado obtido com a nova metodologia é que essa pequena medida já é o suficiente para discriminar grupos raciais entre abelhas.

O que temos que chamar atenção é que mesmo com essa metodologia mais simples proposta por Francoy *et al.* (2006), trabalhos recentes como Nunes *et al.* (2012) observando a variação morfogeométrica de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) nas cinco regiões do Brasil, Silva *et al.* (2015) reafirmando a utilização dos 19 marcos anatômicos para a identificação de subespécies de abelhas e Silva *et al.* (2019) usando da morfometria geométrica para verificar o posicionamento racial de abelhas africanizadas em três localidades do Piauí, todos utilizaram de metodologias que consideram todas as venações das asas.

Podemos observar que os primeiros anos da morfometria geométrica de asa das abelhas africanizadas foram de aperfeiçoamento da técnica e as pesquisas estavam concentradas nos pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), onde mais uma vez Francoy *et al.* (2008) propõe a identificação de abelhas africanizadas coletadas em todas as regiões do Brasil por meio da morfometria das asas utilizando dois procedimentos rápidos e eficientes, os quais são o ABIS e a morfometria geométrica da asa. A metodologia aplicada neste artigo é a de identificação dos 19 marcos anatômicos em toda a asa e não a dos 5

marcos anatômicos apenas na célula radial da asa. Os resultados obtidos foram uma taxa de acerto de 98,05% dos indivíduos utilizando o ABIS e 99,2% de acertos na identificação com uso da morfometria geométrica, concluindo que ambas as metodologias são muito eficientes para a identificação de abelhas africanizadas.

No ano seguinte ao trabalho de Francoy *et al.* (2008), foi observada a continuidade dos trabalhos de morfometria geométrica por parte da equipe da USP, agora com a dissertação de mestrado de Grassi (2009), a qual propôs caracterizar as asas anteriores de 26 subespécies de *Apis mellifera* e das abelhas africanizadas utilizando morfometria tradicional, morfometria geométrica e ABIS, comparando a eficiência da técnica baseando-se somente em características das asas anteriores. Grassi (2009) concluiu que o método mais rápido e eficiente é a utilização do ABIS, obtendo uma taxa de acerto nas identificações de 100%, seguido da morfometria geométrica com 99,5% de acertos e por último, também eficiente, a morfometria tradicional com 90% de acertos, corroborando com os resultados encontrados por Francoy *et al.* (2008). Esses resultados possibilitam a visualização dos distintos grupos em seus ramos evolutivos.

4. ALGUMAS PARTICULARIDADES

Se a utilização do sistema ABIS é mais rápida e mais eficiente, devido a maior porcentagem de acertos, por que usar morfometria geométrica? A perpetuação da utilização da morfometria geométrica em asas de abelhas está diretamente associada à sua aplicação simples e rápida, e a utilização de softwares de livre acesso, diferindo assim do sistema ABIS, o qual é um software de uso restrito. Esses fatores fizeram com que a técnica de morfometria geométrica em asas de abelhas fosse constantemente utilizada em trabalhos posteriores.

Podemos observar que, após o processo de validação da técnica, poucos foram os trabalhos publicados que utilizaram da técnica de morfometria geométrica de asas com enfoque na caracterização das abelhas africanizadas. Nunes *et al.* (2012) é um bom exemplo de trabalho que propõe estudar as variações da forma em asas e corbículas de operárias de abelhas oriundas das cinco regiões brasileiras, confirmando que existem diferenças morfométricas com base na morfometria das asas e que possuem um padrão de acordo com a região que se encontram, observando que a distância geográfica favorece as divergências entre as populações de *Apis mellifera* provenientes das cinco regiões brasileiras.

Levando em consideração as diferenças regionais, como seria a dinâmica populacional de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) no nordeste brasileiro? É com essa dúvida que surge a dissertação de Moretti (2014) buscando caracterizar e mapear a variabilidade genética das abelhas africanizadas *A. mellifera* no Nordeste brasileiro, tendo em vista o conhecimento da dinâmica populacional e a distribuição geográfica desta variabilidade, utilizando a morfometria geométrica como ferramenta de identificação. Com a morfometria geométrica foi possível concluir que as populações de diferentes locais do Nordeste são morfometricamente muito similares, sugerindo alto fluxo gênico e ausência de estruturação entre as populações amostradas, porém, essa variação cresce quando populações de regiões climáticas distintas são comparadas, demonstrando assim a influência climática sobre a dispersão dessas populações, gerando ecótipos diferentes, reafirmando os resultados encontrados por Nunes *et al.* (2012).

O Nordeste passa a ter um destaque nos estudos de morfometria geométrica quatro anos após a dissertação de Moretti (2014). Moretti *et al.* (2018) publicaram um artigo usando a morfometria da asa para revelar os padrões de migração de abelhas africanizadas no nordeste do Brasil. Os resultados encontrados nessa pesquisa são de suma importância para a apicultura nordestina, já que um dos grandes problemas enfrentados na região é o abandono de colônias. Segundo Moretti *et al.* (2018) existem diferenças no padrão de asa das abelhas que migram e das que não migram. Essa característica pode ser usada futuramente como parâmetro de seleção, ainda é passível de mais estudos. Vale ressaltar que nos trabalhos de Moretti (2014, 2018) a autora deixa bem claro a importância da utilização da morfometria como uma ferramenta de conservação.

Seguindo no Nordeste, terminamos a busca com trabalho publicado com morfometria geométrica da asa mais atual. Silva *et al.* (2019) utilizaram a metodologia de Franco *et al.* (2006) para a marcação dos 19 marcos anatômicos com o intuito de verificar posicionamento racial de abelhas africanizadas oriundas de 3 municípios do Piauí, sendo eles provenientes da região litorânea e do sertão. Os dados encontrados por Silva *et al.* (2019) corroboram com os dados encontrados por Moretti (2014) e Moretti *et al.* (2018), sendo possível verificar o posicionamento racial das abelhas africanizadas do estado do Piauí e observar as diferenças na forma das asas das subespécies utilizando a morfometria geométrica, não foi possível confirmar a existência de ecótipos entre as populações do sertão e do litoral.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a presente revisão, foi observado a eficiência da morfometria na identificação de subespécies de abelhas *Apis mellifera*, seja utilizando a morfometria tradicional, geométrica ou o sistema ABIS. Destacamos a morfometria geométrica entre as técnicas devido a sua taxa de acerto de 99,5% nas identificações e sua fácil disponibilidade de repetição, não dependendo de nenhum software de uso restrito.

Claramente foram observadas duas etapas nos trabalhos relacionados à técnica de morfometria geométrica de asa no Brasil. A primeira etapa com trabalhos voltados para a validação da técnica e primeiras identificações das abelhas africanizadas e a segunda etapa com trabalhos que passam a identificar ecótipos em diferentes regiões e posteriormente definir essas influências no comportamento dessas abelhas africanizadas.

Com os resultados desta revisão é possível notar o quanto à técnica é eficiente, porém ainda muito pouco aplicada. É aceitável afirmar que as abelhas com maior resistência a *Varroa destructor* possuem asas com padrões diferentes das abelhas com menor resistência? Apesar da técnica poder ser aplicada de forma simples, perguntas como essa ainda não foram respondidas. Por fim, qual seria o ponto crucial para um programa de conservação de uma subespécie ou até mesmo um ecótipo? O ponto crucial é identificar o objeto de estudo. Devido às dimensões geográficas e variedades climáticas do Brasil, cada dia se faz mais necessário à criação de trabalhos voltados para a conservação dos ecótipos localmente adaptados a cada região. Como realizar esses trabalhos com um baixo custo e tempo reduzido? Esta revisão bibliográfica aponta a morfometria geométrica de asa como a solução, reafirmando assim o papel desta técnica como uma grande aliada na conservação das abelhas africanizadas das diferentes regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

- [1] AFONSO, J. Origem das linhagens mitocondriais nas abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) do Brasil. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Genética Evolutiva e Biologia Molecular) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- [2] BOOKSTEIN, F. L. Morphometric tools for landmark data. Cambridge: Cambridge University Press, 1991, 455 p.
- [3] COBEY, S.; SCHLEY, P. Innovations in instrumental insemination. The compact, versatile right and left handed Schley model II instrument. *American Bee Journal*, v. 142, n. 6, p. 433-435, 2002.
- [4] COELHO, M. A. Warwick Kerr: a Amazônia, os índios e as abelhas. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, p. 51-69, 2005.
- [5] FAQUINELLO, P. Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para a produção de geléia real. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá.
- [6] FRANCOY, T. M.; PRADO, P. R. R.; GONÇALVES, L. S.; FONTOURA, C. L.; DE JONG, D. Morphometric differences in a single wing cell can discriminate *Apis mellifera* racial types. *Apidologie*, v. 37, n. 1, p. 91-97, 2006.
- [7] FRANCOY, T. M. Variabilidade genético-morfológica em populações Neotrópicas de *Apis mellifera*. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto.
- [8] FRANCOY, T. M.; WITTMANN, D.; DRAUSCHKE, M.; MÜLLER, S.; STEINHAGE, V.; BEZERRA-LAURE, M. A.; GONÇALVES, L. S. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. *Apidologie*, v. 39, n. 5, p. 488-494, 2008.
- [9] FRANCOY, T. M., IMPERATRIZ - FONSECA, V. L. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécie de abelhas. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 317-321, 2010.
- [10] GONÇALVES, L. S. The introduction of the African Bees (*Apis mellifera scutellata*) into Brazil and some comments on their spread in South America. *American Bee Journal*. v. 114, n. 11, p. 414-419, 1974.
- [11] GONÇALVES, L. S. Africanização das abelhas nas Américas, impactos e perspectivas de aproveitamento do material genético. *Naturalia*, p. 126-134, 1992.
- [12] GONÇALVES, L. S. Principais impactos biológicos causados pela africanização das abelhas *Apis mellifera* e perspectivas da apicultura brasileira. In: Encontro sobre abelhas, 3, Ribeirão Preto, Brasil. Anais do III Encontro sobre Abelhas, p. 31-36, 1998.
- [13] GRASSI, M. L. Discriminação morfométrica de 26 subespécies de *Apis mellifera* L. e abelhas africanizadas por técnicas de morfometria tradicional, morfometria geométrica e sistema ABIS de identificação de espécies. 2009. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto.
- [14] IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotrópica*, v. 10, n. 4, p.59-62, 2010.
- [15] KADRI, S. M. Identificação de regiões polimórficas para alta produtividade de mel e sequenciamento genômico em abelhas *Apis mellifera* africanizadas. 2016. 85 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- [16] KERR, W. E. The history of the introduction of African bees to Brasil. *South African Bee Journal*, v.39, p. 3-5, 1967.
- [17] MONTEIRO, L. R.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; DOS REIS, S. F.; ARAÚJO, E. D. Geometric estimates of heritability in biological shape. *Evolution*, v. 56, n. 3, p. 563-572, 2002.
- [18] MORAES, D. A. A morfometria geométrica e a sua “Revolução na Morfometria”: localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. *Boletim*, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2003.
- [19] MORETTI, C. J. Dinâmica populacional em populações de abelhas Africanizadas (*Apis mellifera* L.) no Nordeste brasileiro. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto.
- [20] MORETTI, C. J.; COSTA, C. P.; FRANCOY, T. M. Wing morphometrics reveals the migration patterns

of Africanized honey bees in Northeast Brazil. *Sociobiology*, v. 65, n. 4, p. 679-685, 2018.

[21] NUNES, L. A.; ARAÚJO, E. D. D.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. Variation morphogeometrics of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 102, n. 3, p. 321-326, 2012.

[22] SILVA, F. L.; SELLA, M. L. G.; FRANCOY, T. M.; COSTA, A. H. R. Evaluating classification and feature selection techniques for honeybee subspecies identification using wing images. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 114, p.68-77, 2015.

[23] SILVA, F. A. S.; SOUZA, D. C.; ALVES, A. Z.; CAMPELO, J. E. G.; BENDINI, J. N.; NUNES, L. A.; VERZIGNASSI, J. R.; PALUDO, F.; FERNANDES, P. B.; SILVA, J. R. G.; SILVA, J. Q. Morfometria geométrica das asas permite verificar o posicionamento racial de abelhas africanizadas. *PUBVET*, v. 13, n. 11, p. 1-7, 2019.

Capítulo 8

Crescimento de mudas de maracujazeiro azedo em substrato à base de pó de coco suplementado com farelo de trigo

Igor Victor de Santana-Santos

David Patrick Almeida Correia

Michele Santos de Jesus

Regina Helena Marino

Resumo: O uso de resíduos agrícolas colonizados por fungos de podridão branca na produção de mudas de frutíferas é pouco explorado na literatura, mas representa uma alternativa ecológica aos substratos comerciais, por reaproveitar os resíduos agroindustriais e aumentar a disponibilidade de nitrogênio e de fósforo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento das mudas do maracujazeiro azedo em uma mistura de solo: substrato colonizado à base de pó de coco suplementado com farelo de trigo e colonizado pelo fungo de podridão branca *Pycnoporus sanguineus* (2:1), bem como avaliar a composição química da planta. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado composto por sete tratamentos: controle, em solo: pó de coco sem farelo e sem inoculante fúngico; e inoculação fúngica em seis níveis de farelo de trigo (0, 5, 10, 20, 30 e 40%) e 11 repetições. A suplementação do pó de coco com farelo de trigo e a colonização fúngica pelo *P. sanguineus* aumentam o teor de nitrogênio e de fósforo no pó de coco. A mistura de solo: inoculante favorece o crescimento da altura da planta, massa seca da parte aérea, comprimento da raiz e massa seca da raiz do maracujazeiro, bem como o aumenta o teor de nitrogênio e de fósforo na massa seca da parte aérea vegetal. O emprego de 20 a 30% de farelo de trigo no inoculante fúngico favorece o maior crescimento das mudas do maracujazeiro azedo.

Palavras-chave: Frutíferas; reaproveitamento de resíduos; *Pycnoporus sanguineus*.

1. INTRODUÇÃO

Em 2019, o Brasil foi considerado o maior país produtor de maracujá, com uma produção anual de um milhão de toneladas da fruta, apesar da baixa produtividade (14 toneladas/ha/ano). Entretanto, a adoção de práticas de cultivo adequadas, a produtividade pode ultrapassar 50 toneladas/ha/ano, o que pode contribuir para suprir a demanda crescente de frutos “in natura” e de produtos processados (ABRAFRUTAS, 2020).

Dentre os fatores que influenciam a produtividade de frutíferas pode-se citar a qualidade da muda. Neste sentido, o substrato de produção das mudas deve proporcionar condições adequadas à germinação e/ou crescimento da planta (WAGNER JÚNIOR *et al.*, 2006). De forma alternativa aos substratos comerciais, os resíduos agroindustriais colonizados por fungos comestíveis e de podridão branca podem ser utilizados como adubo orgânico, condicionador de solo e/ou substrato para produção de mudas de hortaliças, frutíferas e florestais (MAIA, 1998; FONTALVO *et al.*, 2013; MATOS *et al.*, 2017; MARINO *et al.*, 2019).

O fungo de podridão branca *Pycnoporus sanguineus* é um cogumelo pertencente ao Filo Basidiomycota, capaz de produzir enzimas oxidativas com potencial para ser utilizado na biorremediação (LI *et al.*, 2014; IRACHETA-CÁRDENAS *et al.*, 2016; GAO *et al.*, 2018); na ciclagem de nutrientes no solo (HERNÁNDEZ *et al.*, 2017) e no controle de micro-organismos fitopatogênicos (ROSA *et al.*, 2003; ASSI *et al.*, 2017).

Na fase de colonização do substrato de cultivo, os fungos filamentosos liberam enzimas responsáveis pela decomposição do substrato (SALES-CAMPOS *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2014), o que resulta no aumento do teor de nitrogênio, de potássio e de fósforo (FONTALVO *et al.*, 2013; MATOS *et al.*, 2017). Entretanto, o resíduo agroindustrial e a espécie fúngica podem influenciar na composição química do substrato de cultivo e influenciar na germinação de sementes (MAIA, 1998; NIETO e CHEGWIN, 2013; TEIXEIRA *et al.*, 2016, 2017).

Especificamente na região Nordeste do Brasil, a indústria do coco gerou 567.000 toneladas de resíduos, como o pó de coco, em 2016, (IPEA, 2016) e apenas uma pequena parcela dos resíduos da indústria do coco foi reaproveitada como substrato para produção de mudas e/ou como vasos, em substituição ao xaxim, o que resulta no acúmulo no ambiente de resíduos sem reaproveitamento econômico (ROSA *et al.*, 2011). Assim, o cultivo do *P. sanguineus* no pó de coco pode representar uma alternativa de reaproveitamento deste resíduo e reduzir a poluição ambiental gerado pelo descarte inadequado no ambiente.

Na literatura, até o presente, não foram encontrados trabalhos relacionados com o efeito da suplementação do substrato de cultivo de *P. sanguineus* com farelo na composição química e no crescimento de mudas de frutíferas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento das mudas do maracujazeiro azedo em uma mistura de solo: substrato colonizado à base de pó de coco suplementado com farelo de trigo e colonizado por *Pycnoporus sanguineus* (2:1), bem como avaliar a composição química da planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. INOCULANTE FÚNGICO

O isolado fúngico utilizado foi o PS de *Pycnoporus sanguineus*, cuja multiplicação foi realizada em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA, 39 g L⁻¹ do produto comercial) e incubado em BOD a 28 ± 1°C com fotoperíodo de oito horas de luz até completar a colonização.

O inoculante fúngico foi produzido em substrato à base de pó de coco suplementado com 0, 5, 10, 20, 30 e 40% de farelo de trigo (Tabela 1).

Tabela 1 - Relação dos tratamentos e as respectivas siglas utilizadas na avaliação do crescimento do maracujazeiro azedo em substrato colonizado por *Pycnoporus sanguineus*

	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Inoculante fúngico	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Farelo de trigo	0%	0%	5%	10%	20%	30%	40%

O pó de coco suplementado com farelo foi umedecido com água destilada até 60-70% de umidade, acondicionado em frascos de 500 mL com tampa contendo um tampão de algodão e autoclavado a 121 °C e 1 atm durante 1 h e repetido por uma vez após 24 h. Após o resfriamento do substrato e em câmara asséptica, foi transferido um disco micelial de 6 mm o meio BDA colonizado pelo *P. sanguineus* conforme o tratamento. No tratamento (controle), não houve transferência do disco micelial. O cultivo foi realizado à temperatura ambiente até a completa colonização pelo *P. sanguineus* do substrato.

2.2. CRESCIMENTO DAS MUDAS DO MARACUJAZEIRO AZEDO EM SUBSTRATO COLONIZADO POR FUNGOS DE PODRIDÃO BRANCA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado composto por sete tratamentos: controle, em solo: pó de coco sem farelo e sem inoculante fúngico; e inoculação fúngica em seis níveis de farelo de trigo (0, 5, 10, 20, 30 e 40%) e 11 repetições.

Para obtenção das mudas do maracujazeiro azedo foi utilizada uma mistura de solo: inoculante fúngico na proporção 2:1. O solo utilizado foi o Neossolo coletado no Espaço Vivência Agrocológica (EVA), no Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, a uma profundidade de até 20 cm e, em seguida, autoclavado a 121 °C e 1 atm durante 1 h e repetido por uma vez após 24 h. O inoculante colonizado pelo *P. sanguineus* foi destorroadado, homogeneizado com o solo autoclavado e acondicionado em tubetes de 265 cm³. No tratamento controle (T1) foi utilizada a mistura de solo: pó de coco sem farelo de trigo e sem inoculação fúngica. Foram semeadas duas sementes do maracujazeiro azedo do fabricante Isla Pro, previamente desinfestadas segundo Alfenas e Mafia (2007), por tratamento e repetição.

Os tubetes, por tratamento, foram distribuídos ao acaso em estufa agrícola com irrigação por microaspersão e, após 15 dias da semeadura foi realizado o desbaste e conduzido apenas uma planta.

A adubação de cobertura foi realizada apenas uma vez após trinta dias da semeadura, sendo adicionados 3 mL por planta da solução à base da formulação 15-00-14 [N - P₂O₅ -

K₂O], diluída na proporção de 6 g L⁻¹ do produto comercial em água destilada, em todos os tratamentos.

As variáveis analisadas no inoculante e na mistura solo arenoso: inoculante foram: o pH, os teores de nitrogênio e de fósforo, a densidade micelial no inoculante e o período de colonização do inoculante. Nas mudas foram avaliados: o número de folhas, a altura da planta, o comprimento da raiz, a massa seca da parte aérea e da raiz, o incremento na massa seca da parte aérea e da raiz, os teores de nitrogênio e de fósforo na massa seca da parte aérea e o incremento nos teores de nitrogênio e de fósforo, após 45 dias de cultivo das mudas do maracujazeiro azedo.

O pH e os teores de nitrogênio e de fósforo no inoculante, por tratamento, foi determinado segundo Silva (2009). A densidade micelial no inoculante, por tratamento, foi analisada pela escala subjetiva de notas de: 1 = pouco adensado; 2 = mediamente adensado e 3 = fortemente adensado. As avaliações foram realizadas diariamente durante 31 dias após a inoculação fúngica. O período de colonização do inoculante foi avaliado diariamente até a completa colonização (37 dias da inoculação fúngica).

Na colheita, a altura da planta e o comprimento da raiz foram determinados a partir do colo da planta com auxílio de uma régua milimétrica. O número de folhas foi obtido por contagem direta. A massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz foram determinados com o auxílio de uma balança semi-analítica após a colheita e a secagem da matéria vegetal fresca em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C durante 72 h. Os teores de nitrogênio e de fósforo da massa seca da parte aérea foram determinados segundo Silva (2009).

O incremento (INC) na massa seca da parte aérea e da raiz e dos teores de nitrogênio e de fósforo na massa seca da parte aérea foi calculado em relação ao controle (sem farelo e sem inoculante) pela equação: $INC(\%) = [(V - VC)/V] \times 100$, onde V – dado na variável com inoculante fúngico e VC – valor do controle (sem farelo e sem inoculante).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, nos casos em que houve significância, foi aplicado o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. Os dados de altura da planta, comprimento da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz, composição química do substrato e da biomassa da parte aérea foram submetidos à análise de regressão e aplicado o teste *t* a 1 e 5% de probabilidade com o programa Sisvar 5.6.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de farelo de trigo ao pó de coco reduziu significativamente o período de colonização do substrato pelo *P. sanguineus* quando comparado ao tratamento sem farelo (0%), cujos dados foram ajustados à regressão quadrática (Tabela 2), tal como observado por Pedra *et al.* (2006) no cultivo do fungo comestível *Pleurotus ostreatoroseus* em pó de coco suplementado com farelo de arroz.

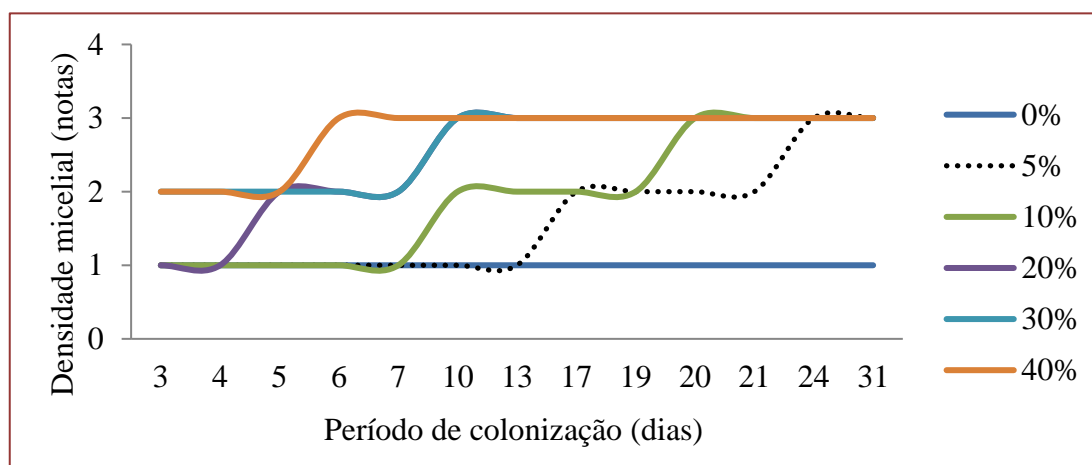
Tabela 2 - Período de colonização e densidade micelial do inoculante colonizado por *Pycnoporus sanguineus* em pó de coco com porcentagens de farelo de trigo ^{1,2,3}

Farelo de trigo (%)	Colonização (dias)	Densidade micelial (notas)
0	31,0 a	1,0 c
5	17,0 b	2,0 b
10	17,0 b	2,0 b
20	16,2 b	3,0 a
30	17,0 b	3,0 a
40	17,0 b	3,0 a
CV	3,80%	0,00%
Regressão, R ²	Quadrática, 0,65**	Quadrática, 0,95**

¹ Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey; ² Densidade micelial (notas): 1 – pouco adensado, 2 – mediamente adensado e 3 – fortemente adensado; ^{3**} = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste *t*

O aumento crescente da suplementação com farelo de trigo no inoculante fúngico favoreceu o aumento da densidade micelial, cujos dados foram ajustados à regressão quadrática (Tabela 2). Vargas-Isla *et al.* (2012) também verificaram que o micélio do cogumelo *Panus strigellus* apresentou aumento da densidade micelial quando cultivado em serragem com a adição de farelos.

Outro fator importante a ser destacado é que o aumento do período de cultivo estimulou o incremento na densidade micelial. Uma vez que, o micélio do *P. sanguineus*, no tratamento com 40% de farelo apresentou densidade micelial máxima (nota 3; micélio fortemente adensado) após seis dias de cultivo. E com 20 e 30% de farelo de trigo, a densidade máxima (nota 3) foi observada após dez dias de cultivo. Nos tratamentos com 10% e 5% de farelo de trigo, a densidade máxima foi observada apenas no 20º e 24º dia de cultivo do fungo, respectivamente. No controle (sem farelo) não ocorreu incremento da densidade micelial do *P. sanguineus* com o aumento do período de cultivo (Figura 1).

Figura 1 - Densidade micelial do fungo *Pycnoporus sanguineus* cultivado em pó de coco com 0 a 40% de farelo de trigo durante 31 dias de cultivo

Segundo Pedra *et al.* (2006), o menor tempo de colonização e o aumento da densidade micelial do *P. sanguineus* cultivado no inoculante ocorreu provavelmente devido ao maior

fornecimento de nutrientes e a redução da relação carbono: nitrogênio pela adição do farelo.

Em relação à composição química dos inoculantes com e sem colonização fúngica, bem como na mistura de solo: pó de coco + farelo, o pH médio foi de 5,3 (4,6 a 5,0), cujo valor ficou próximo ao citado para os substratos comerciais Bioplant e Plantmax® e ao pH ideal para a cultura do maracujazeiro que varia entre 5,2 até 5,5 (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados de pH, teores de nitrogênio (N) e de fósforo (P) no inoculante antes (SF) e depois da colonização fúngica (CF) e na mistura de solo: inoculante fúngico (SA:CF; 2:1) em relação ao solo utilizado na mistura e aos substratos comerciais ^{1,2,3}

Variável/ Substrato	Farelo de trigo (%)						Regressão, R ²	
	0	5	10	20	30	40		
pH	SF	4,8 b	5,0 b	5,2 b	5,6 a	5,8 a	5,9 a	Linear; 0,96**
	CF	4,7 b	4,6 c	4,8 c	5,0 b	5,2 b	5,4 b	Linear; 0,96**
	SA:CF	5,5 a	5,5 a	5,5 a	5,8 a	5,9 a	6,0 a	Linear; 0,97**
	CV	1,69%						
	Solo arenoso	5,5						
	Bioplant	5,6						
	Plantmax®	4,7						
N (g Kg ⁻¹)	SF	3,1 a	5,3 a	7,0 b	10,1 b	13,5 b	13,8 b	Linear; 0,96**
	CF	3,0 a	6,1 a	8,8 a	13,7 a	17,1 a	21,4 a	Linear; 0,99**
	SA:CF	0,3 b	0,3 b	0,5 c	0,7 c	0,7 c	0,8 c	Linear; 0,96**
	CV	7,03%						
	Solo arenoso	0,23						
	Bioplant	6,2						
	Plantmax®	8,1						
P (mg Kg ⁻¹)	SF	38a	410ab	680b	1475b	1740a	2280a	Linear; 0,98**
	CF	113a	655a	1417a	2630a	2240a	2060a	Linear; 0,64**
	SA:CF	38a	31b	53c	120c	152b	220b	Linear; 0,97**
	CV	30,7%						
	Solo arenoso	28,1						
	Bioplant (g.Kg ⁻¹)	15,5						
	Plantmax®(g.Kg ⁻¹)	1047,0						

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey; ² Substratos comerciais Bioplant (Fonte: Krause *et al.*, 2017) e Plantmax® (Fonte: Medeiros *et al.*, 2013); ^{3**} = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste *t*

A redução do pH com a colonização fúngica pode ser devido à liberação de substâncias que auxiliam no processo de degradação do substrato, pois Chen *et al.* (2016) verificaram que o fungo comestível e de podridão branca *Lentinula edodes* liberou enzimas lignocelulolíticas, responsáveis pela degradação do substrato.

Segundo Fontalvo *et al.* (2013) e Teixeira *et al.* (2016, 2017), a colonização do substrato por isolados de *Pleurotus* spp. promoveu o aumento do teor de nitrogênio e de fósforo. Neste trabalho, as porcentagens crescentes de farelo de trigo e a colonização pelo *P. sanguineus* aumentaram o teor de nitrogênio nos inoculantes, cujos dados foram ajustados à regressão linear. Nos tratamentos com 10% a 40%, a colonização fúngica (CF) houve aumento no teor de nitrogênio, em comparação ao substrato sem inoculação fúngica (SF) nas mesmas suplementações, cujos valores (7,0 a 21,4%) foram acima dos mencionados no Bioplant e Plantmax® (Tabela 3).

A mistura SA:CF reduziu o teor de nitrogênio em comparação ao SF e CF, em todos as porcentagens de farelo de trigo. Neste resultado deve-se considerar que o teor de nitrogênio no solo arenoso utilizado na mistura foi baixo (0,23 g Kg⁻¹), o que deve ter contribuído na redução desta variável em todos os níveis de farelo (Tabela 3).

O teor médio de fósforo nos tratamentos foi de 929,9 g Kg⁻¹, mas a colonização do pó de coco pelo *P. sanguineus* (CF) aumentou o teor de fósforo no substrato com 10% e 20% de farelo de trigo, quando comparado ao SF (sem inóculo fúngico). Não houve diferença significativa no teor de fósforo com 0, 5, 30% e 40% de farelo entre os tratamentos SF e CF. A mistura SA:CF reduziu significativamente o teor de fósforo no substrato em relação aos demais tratamentos com 10 a 40% de farelo. Entretanto, as porcentagens crescentes de farelo de trigo resultaram no aumento do teor de fósforo em todos os substratos testados, cujos dados foram ajustados à regressão linear (Tabela 3).

Em relação ao controle (0% de farelo e sem inoculação fúngica - SF), o incremento médio foi de 53,3%, sem diferença significativa entre SF e CF com 5 a 40% de farelo de trigo. No CF houve redução de 2,9% no incremento no teor de nitrogênio sem adição do farelo, provavelmente devido ao consumo deste elemento presente no pó de coco pelo fungo durante a colonização. Na mistura SA:CF, o incremento teor de nitrogênio foi significativamente inferior ao SF e ao CF com 5%, bem como em comparação ao CF com 10 a 30% de farelo. Não houve diferença significativa nesta variável entre SA:CF e SF com 10, 20 e 30% de farelo, bem como entre SF, CF e SA:CF com 40% de farelo (Tabela 4).

Tabela 1 - Incremento (%) nos teores de nitrogênio (N) e de fósforo (P) no inoculante antes (SF) e depois da colonização (CF) e na mistura de solo arenoso: inoculante (SA:CF; 2:1) ^{1,2}

Variável/ substrato	Farelo de trigo (%)						Regressão, R ²	
	0	5	10	20	30	40		
N (%)	SF		42,2a	56,2ab	69,9ab	77,2ab	77,8a	Quadr.; 0,99**
	CF	-2,9a	50,0a	65,1a	77,7a	82,1a	85,7a	Quadr.; 0,89**
	SA:CF	7,1a	5,0b	36,5b	53,4b	55,0b	66,1a	Linear; 0,86**
	CV	18,4%						
P (%)	SF		90,2a	94,5a	97,4a	97,8a	98,2a	Quadr.; 0,95**
	CF	66,7a	93,9a	97,3a	98,6a	98,2a	98,1a	Quadr.; 0,73**
	SA:CF	24,9b	41,9b	35,2b	75,1b	81,5a	85,4a	Linear; 0,88**
	CV	13,3%						

¹ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey; ² (**) = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste *t*

Nos tratamentos SF e CF, o incremento no teor de nitrogênio com a suplementação à base de farelo de trigo foi ajustado à regressão quadrática, cujo valor máximo de incremento foi observado com 20 a 40% de farelo, respectivamente. Na mistura SA:CF, o incremento no teor de nitrogênio foi ajustado à regressão linear com o aumento de farelo (Tabela 4).

O teor de fósforo nos substratos testados apresentou, em média, incremento de 79,4% em relação ao SF sem farelo (0% de farelo), sem diferença significativa entre os tratamentos, exceto entre SA:CF com 5, 10 e 20% farelo em comparação ao SF e ao CF. A adição do farelo estimulou o aumento no teor de fósforo, cujos dados foram ajustados à regressão quadrática nos tratamentos SF e CF e linear na mistura SA:CF (Tabela 4).

O incremento no teor de nitrogênio e de fósforo no pó de coco provavelmente ocorreu devido a suplementação com farelo de trigo, bem como pela ação mineralizadora dos resíduos lignocelulósicos pelo *P. sanguineus*, tal como mencionado após a completa colonização do substrato por *Pleurotus ostreatus* (FONTALVO *et al.*, 2013). Além disso, a ocorrência de micélio fortemente adensado do *P. sanguineus* com o aumento crescente da porcentagem de farelo no substrato de cultivo à base de pó de coco pode ter contribuído na decomposição do resíduo e aumentado o teor de nitrogênio e de fósforo, o que pode influenciar no crescimento do maracujazeiro, tal como verificado por Marino *et al.* (2019) com o emprego de pó de coco e farelo de trigo colonizado por isolados de *Pleurotus* spp.

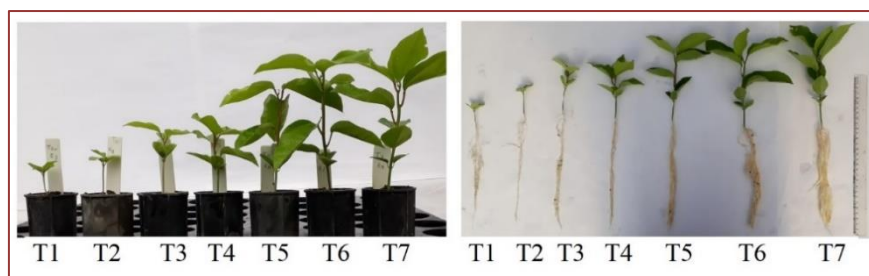
Em relação ao controle (T1), a colonização fúngica e a adição de farelo de trigo nos tratamentos com solo arenoso e inoculantes (T3 a T7) aumentaram o número de folhas, a altura da planta e o comprimento da raiz. A adição de 10 a 30% no pó de coco aumentou a massa seca da parte aérea e da raiz, em relação ao controle T1 e ao tratamento T2 (Tabela 5; Figura 2).

Tabela 5 – Número de folhas (NF), altura da planta (ALT), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) das mudas do maracujazeiro, por tratamento, após 45 dias de cultivo ^{1,2,3}

Tratamento	Farelo (%)	NF	ALT (cm)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
T1	0	3,5 d	6,0 c	19,1 c	29,8 d	24,5 e
T2	0	3,5 d	6,1 c	19,5 bc	31,7 d	22,8 e
T3	5	5,2 c	9,7 b	21,9 a	116,9 cd	66,9 de
T4	10	6,0 bc	10,4 b	22,2 a	231,3 bc	92,8 cd
T5	20	6,7 ab	14,2 a	21,7 ab	466,9 a	166,3 ab
T6	30	7,4 a	14,9 a	21,2 abc	593,5 a	207,2 a
T7	40	6,6 ab	14,9 a	19,1 c	315,7 b	122,4 bc
CV		13,0%	21,3%	8,8%	45,4%	38,0%
Regressão		Quadr.	Quadr.	Quadr.	Quadr.	Quadr.
R ²		0,97**	0,98**	0,72**	0,92**	0,94**

¹ Tratamentos: T1: solo: inoculante (sem farelo e sem inoculação fúngica); solo: inoculante colonizado pelo fungo (T2 - 0% de farelo, T3 - 5% de farelo, T4 - 10% de farelo, T5 - 20% de farelo, T6 - 30% de farelo e T7 - 40% de farelo); ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey; ³ (ns) = não significativo e (**) = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t

Figura 2 - Mudas de maracujazeiro azedo obtidas em mistura de solo arenoso: inoculante, por tratamento, após 45 dias de cultivo*



*Tratamentos: T1: solo: inoculante (sem farelo e sem inoculação fúngica); solo: inoculante colonizado pelo fungo (T2 - 0% de farelo, T3 - 5% de farelo, T4 - 10% de farelo, T5 - 20% de farelo, T6 - 30% de farelo e T7 - 40% de farelo).

A colonização fúngica e os níveis crescentes de farelo de trigo adicionado ao pó de coco utilizados na mistura com o solo arenoso favoreceram o crescimento do maracujazeiro em todas as variáveis analisadas, cujos dados foram ajustados à regressão quadrática. Para número de folhas e a altura da planta, os valores máximos destas variáveis foram obtidos com 20 a 40% de farelo, em relação ao controle (T1). No comprimento da raiz, o valor máximo de crescimento foi observado com 5 e 10% de farelo quando comparado aos tratamentos T1 e T2. Na massa seca da parte aérea, os valores máximos foram obtidos com 20 e 30% de farelo na mistura do solo: inoculante quando comparado aos demais tratamentos. E na massa seca da raiz, o emprego de 20 e 30% resultou em maior biomassa em relação aos demais tratamentos, exceto entre 20% e 40% (Tabela 5).

Em relação ao controle (sem farelo e sem inoculação fúngica, o cultivo do *P. sanguineus* e a adição de farelo resultou no incremento médio de 881,8% e de 363,7% na massa seca da parte aérea e da raiz, respectivamente, cujos dados foram ajustados à regressão quadrática. Para a porcentagem de farelo, o emprego de 20 e 30% resultou em incremento significativamente na massa seca da parte aérea e da raiz, quando comparado ao emprego da mistura solo: inoculante com 0, 5, 10 e 40%. Em relação ao emprego de 20 e 40%, não houve diferença significativa no incremento na massa seca da parte aérea e da raiz (Tabela 6).

Tabela 6 – Incremento (%) na massa seca da parte aérea (INC-MSPA) e massa seca da raiz (INC-MSR) das mudas do maracujazeiro azedo cultivadas em mistura de solo: inoculante (T2 a T7) em relação ao controle (T1, sem farelo e sem inoculação fúngica) ^{1,2}

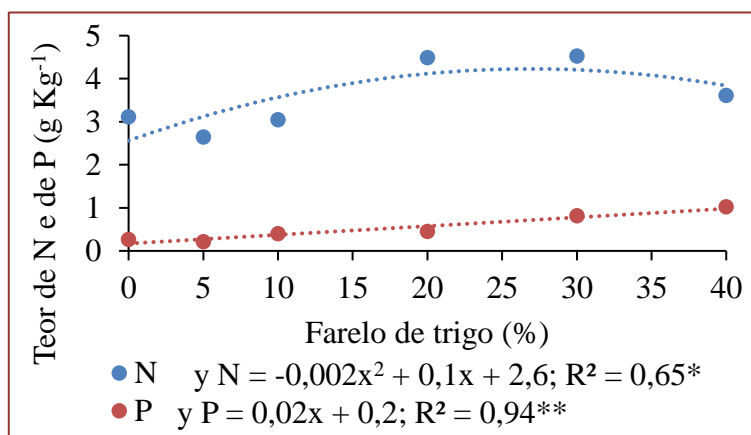
Tratamentos	Farelo (%)	INC- MSPA (%)	INC- MSR(%)
T2	0	6,0 f	-6,1 e
T3	5	291,8 de	174,5 de
T4	10	675,8 cd	280,3 cd
T5	20	1464,9 ab	581,9 ab
T6	30	1892,5 a	750,0 a
T7	40	960,0 bc	401,3 bc
CV		53,6%	46,5%
Regressão; R ²		Quadrática; 0,90**	Quadrática; 0,92**

¹ Tratamentos: solo: inoculante colonizado pelo fungo (T2 - 0% de farelo, T3 - 5% de farelo, T4 - 10% de farelo, T5 - 20% de farelo, T6 - 30% de farelo e T7 - 40% de farelo; ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey; ² (**) = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F

Segundo Fontalvo *et al.* (2013), o substrato colonizado por *P. ostreatus* também estimulou o crescimento do tomateiro, por aumentar a disponibilidade de nitrogênio e fósforo no substrato de cultivo do cogumelo conforme discutido anteriormente.

Na biomassa da parte aérea, a adição do farelo de trigo favoreceu o aumento do teor de fósforo e de nitrogênio, cujos dados foram ajustados à regressão linear e quadrática, respectivamente (Figura 3).

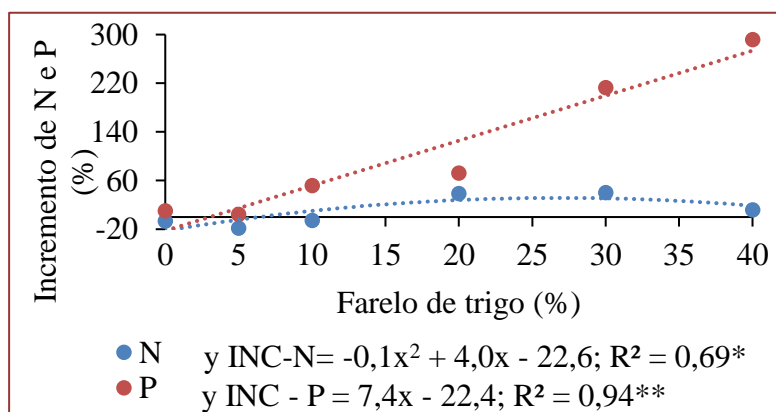
Figura 3 – Teores de nitrogênio (N) e de fósforo (P) na parte aérea das mudas do maracujazeiro azedo cultivado em solo arenoso: pó de coco suplementado com 0 a 40% de farelo de trigo e colonizado por *Pycnoporus sanguineus*



(**) = significativo a 1% e (*) = a 5% de probabilidade pelo teste *t*

Por outro lado, o teor de fósforo nas mudas cultivadas nos tratamentos solo: inoculante colonizado pelo *P. sanguineus* apresentou incremento de 51,7 a 291,8% com 10 a 40% de farelo em comparação ao ao tratamento controle (T1). O teor de nitrogênio apresentou incremento máximo de 40,1% com 30% de farelo de trigo em relação ao controle (T1) (Figura 4).

Figura 1 – Incremento no teor de nitrogênio (INC-N) e de fósforo (INC-P) na parte aérea das mudas do maracujazeiro azedo cultivado em solo arenoso: pó de coco suplementado com 0 a 40% de farelo de trigo e colonizado por *Pycnoporus sanguineus*



(**) = significativo a 1% e (*) = a 5% de probabilidade pelo teste *t*

De forma geral, o substrato à base de pó de coco suplementado com 20 a 30% de farelo de trigo colonizado pelo fungo *Pycnoporus sanguineus* representa uma alternativa para produção de mudas quando utilizado em mistura com solo arenoso e poderá influenciar na sobrevivência das mudas do maracujazeiro após o transplante em condições de campo, tal como citado para o tomateiro por Fontalvo *et al.* (2013) em substrato à base de casca de arroz colonizado por *P. ostretatus*.

4. CONCLUSÕES

A suplementação do pó de coco com farelo de trigo e a colonização fúngica pelo *P. sanguineus* aumentam o teor de nitrogênio e de fósforo no pó de coco.

A mistura de solo: inoculante favorece o crescimento da altura da planta, massa seca da parte aérea, comprimento da raiz e massa seca da raiz do maracujazeiro, bem como o aumenta o teor de nitrogênio e de fósforo na massa seca da parte aérea vegetal.

O emprego de 20 a 30% de farelo de trigo no inoculante fúngico favorece o maior crescimento das mudas do maracujazeiro azedo.

REFERÊNCIAS

- [1] ABRAFRUTAS – Associação brasileira dos produtores e exportadores de frutas e derivados. O Brasil é hoje o maior produtor de maracujá. 2020. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2019/03/26/brasil-e-atualmente-o-maior-produtor-mundial-de-maracuja/>>. Acessado 20/01/2021.
- [2] ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Métodos em fitopatologia. 1 ed., Viçosa: Editora UFV, 2007. 382p.
- [3] ASSI, L.; MEINERZ, C. C.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; VIECELLI, C. A.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Controle de *Alternaria solani* e de *Xanthomonas vesicatoria* em tomate por extrato formulado de *Pycnoporus sanguineus*. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.16, n.3, p.314-320, 2017.
- [4] CARVALHO, C. S. M.; SALES-CAMPOS, C.; AGUIAR, L. V. B.; MINHONI, M. T. A.; ANDRADE, M. C. N. Composição mineral de substratos à base de resíduos de bananeira durante o cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.81, n.2, p.272-281, 2014.
- [5] CHEN, L.; GONG, Y.; CAI, Y.; LIU, W.; ZHOU, Y.; XIAO, Y.; XU, Z.; LIU, Y.; LEI, X.; WANG, G.; GUO, M.; MAL, X.; BIAN, Y. Genome sequence of the edible cultivated mushroom *Lentinula edodes* (Shiitake) reveals insights into lignocellulose degradation. *Plos one*, v.1, n.8, p. e0160336, 2016.
- [6] FONTALVO, J. A. L.; LÓPEZ, L. S. C.; PERTUZ, K. I. G.; BORJA, I. M. R. Effect of Agroforestry Residues Partially Biodegraded by *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) on Tomato Seedlings Development. *Acta Biologica Colombiana*, v.18, n.2, p.365-374, 2013.
- [7] GAMBATO, G.; TODESCATO, K.; PAVÃO, E. M.; SCORTEGAGNA, A.; FONTANA, R. C.; SALVADOR, M.; CAMASSOLA, M. Evaluation of productivity and antioxidante profile of solid-state cultivated macrofungi *Pleurotus albidus* and *Pycnoporus sanguineus*. *Bioresource Technology*, v.207, n.1, p.46-51, 2016.
- [8] GAO, N.; LIU, C. X.; XU, Q. M.; CHENG, J. S.; YUAN, Y. J. Simultaneous removal of ciprofloxacin, norfloxacin, sufamethoxazole by co-producing oxidatives enzyes system of *Phanerochaete chrysosporium* and *Pycnoporus sanguineus*. *Chemosphere*, v.195, n.1, p.146-155, 2018.
- [9] HERNÁNDEZ, C.; SILVA, A. M. F.; ZIARELLI, F.; PERRAUD-GAINE, I.; GUTIÉRREZ-RIVERA, B.; GARCÍA-PÉREZ, J. A.; ALARCÓN, E. Laccase induction by synthetic dyes in *Pycnoporus sanguineus* and their possible use for sugar cane bagasse delignification. *Applied Microbiology Biotechnology*, v.101, n.3, p.1189-1201, 2017.
- [10] IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Brasília: IPEA. 2012. 134p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf> Acessado em 24/05/2019.
- [11] IRACHETA-CÁRDENAS, M. M.; ROCHA-PEÑA, M. A.; GALÁN-WONG, L. J.; ARÉVALO-NIÑO, K.; TOVAR-HERRERA, T. A *Pycnoporus sanguineus* laccase for denim bleaching and its comparison with an enzymatic commercial formulation. *Journal of Environmental Management*, v.177, n.1, p.93-100, 2016.
- [12] KRAUSE, M. R.; MONACO, P. A. V. L.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, L. A. M.; SOUZA, T. A. D. Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v.35, n.2, p.305-310, 2017.
- [13] LI, X.; WANG, Y.; WU, S.; QIU, L.; GU, L.; LI, J.; ZHANG, B.; ZHONG, W. Peculiarities of metabolism of

anthracene and pyrene by laccase-producing fungus *Pycnoporus sanguineus* H1. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, v.61, n.5, p.549-554, 2014.

- [14] MAIA, C. M. F. Efeito do resíduo exaurido do cultivo de cogumelos sobre a germinação de sementes de *Eucalyptus dunnii*. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n.36, p.81-87, 1998.
- [15] MARINO, R.H.; MATOS, M.P.; SANTOS, I.V.S.; CORREIA, D.P.A.; JESUS, M.S.; LIMA, I.S.; ANDRADE, K.R.; PEREIRA, L.B.B. Crescimento de mudas de maracujazeiro em compósitos fúngicos à base de pó de coco. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v.4, suplemento, artigo e.8971, 2019.
- [16] MATOS, M. P.; TEIXEIRA, J. L.; MARINO, R. H. Crescimento do tomateiro cereja em substrato colonizado pelo fungo comestível shimeji. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20. 2017, Petrolina. Anais... Petrolina: UNIVASF, 2017. p.2331-2335.
- [17] MEDEIROS, D. C.; AZEVEDO, C. M. S. B.; MARQUES, L. F.; SOUSA, R. A.; OLIVEIRA, C. J. Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.8, n.2, p.170-175, 2013.
- [18] NIETO, I. J.; CHEGWIN, A. C. The effect of different substrates on triterpenoids and fatty acids in fungi of the genus *Pleurotus*. *Journal of the Chilean Chemical Society*, v.58, n.1, p.1580- 1583, 2013.
- [19] PEDRA, W. N.; MARINO, R. H. Cultivo axênico de *Pleurotus* spp. em serragem da casca de coco (*Cocos nucifera* Linn) suplementada com farelo de arroz e/ou de trigo. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.73, n.2, p.219-225, 2006.
- [20] ROSA, L. E.; GOMES, M. K. M.; CRISTINA, J. C.; CAPELARI, M.; AUGUSTO, R. C.; LEOMAR, Z. C. Screening of Brazilian basidiomycetes for antimicrobial activity. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.98, n.7, p.967-974, 2003.
- [21] ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 1, 2011. Foz do Iguaçu-PR.
- [22] SALES-CAMPOS, C.; MINHONI, M. T. A.; ANDRADE, M. C. N. Produtividade de *Pleurotus ostreatus* em resíduos da Amazônia. *Interciência*, v.35, n.3, p.198-201, 2010.
- [23] SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.
- [24] TEIXEIRA, J. L.; MATOS, M. P.; GOIS, L. S.; TEIXEIRA, M. S.; SANTOS, J. S.; LIMA, I. S.; ANDRDE, K. R.; MARINO, R. H. Compuesto orgánico a base de sustrato de producción de setas comestibles. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE MICOLOGIA, 9, 2017. Anais... Lima: ALMYC-PERU, 2017. p.537
- [25] TEIXEIRA, J. L.; SANTOS, J. F. S.; MENDONÇA, J. J.; GOIS, L. S.; LIMA, I. S.; MARINO, R. H. Teor de nitrogênio e de fósforo em resíduo de substrato de produção de cogumelos comestíveis. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIAS DE SOLO, 2, 2016. Anais... Aracaju: UNIT, p.1-4.
- [26] VARGAS-ISLA, R.; HANADA, R. E.; ISHIKAWA, N. K. Sawdust and fruit residues of Central Amazonian for *Panus strigellus* spawn's production. *Brazilian Journal of Forestry Research*, v.32, n.70, p.123-128, 2012.
- [27] WAGNER JUNIOR, A.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA NEGREIROS, J. R.; PIMENTEL, L. D.; COSTA, J. O.; SILVA, C. H. B. Influência do substrato na germinação e desenvolvimento inicial de plantas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 4, p. 643-647, 2006.

Capítulo 9

Crescimento de tomateiro IPA06 colonizado por fungos micorrízicos arbusculares

Pedro Rabelo de Oliveira

Johny de Jesus Mendonça

Jéssica Silva Santos

Regina Helena Marino

Resumo: O tomateiro é uma cultura economicamente importante no mundo e dependente de fertilizantes e pesticidas. Para mudar/modificar o cenário de dependência, torna-se necessária a busca por alternativas de produção sustentável com a redução da dependência de agroquímicos e a produção de alimentos saudáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação do tomateiro IPA06 com isolados de fungos micorrízicos arbusculares na produção da muda e no crescimento da planta após o transplante, em estufa agrícola. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado composto pelo cultivo do tomateiro IPA06 em cinco tratamentos (T1 – Testemunha, sem inoculação fúngica; e quatro isolados de fungos micorrízicos *arbusculares*: T2 - UFLA05 – *Gigaspora albida* (Schenck & Smith), T3 - UFLA351 – *Glomus clarum* (Nicol. & Schenck), T4 - UFLA372 – *Glomus etunicatum* (Becker & Gerdemann) e T5 - UFLA401 – *Acaulospora morrowiae* (Spain & Schenck)), em substrato orgânico. A inoculação do tomateiro IPA06 com isolados de fungos micorrízicos não garante o aumento de biomassa vegetal e produção desta hortaliça, apesar da elevada taxa de colonização, em substrato orgânico.

Palavras-chave: Hortaliças, simbiose, micro-organismos endofíticos.

1. INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pertencentes ao Filo Mucoromycota, subfilo Glomeromycotina (ORCHARD *et al.*, 2017) tem sido o foco de atenção por seu efeito positivo na promoção da absorção de nutrientes, crescimento e desenvolvimento das plantas hospedeiras (WANG *et al.*, 2022), principalmente na horticultura com o intuito de aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos cultivados (ZHU *et al.*, 2022).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma solanácea capaz de estabelecer uma relação simbiótica com FMA, onde a ação positiva no crescimento vegetativo e na produção depende da interação da espécie micorrízica com a cultivar do tomateiro (BANLA *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2019b, WANG *et al.*, 2022).

A utilização destes fungos pode ser uma alternativa promissora no sistema de manejo orgânico, por pequenos produtores na região Agreste de Sergipe, que visa cultivares de tomateiro com frutos resistentes ao transporte e com maior rusticidade, característica esta que pode ser potencializada com o emprego de inoculantes de fungos simbiotes, como os FMAs (MENDONÇA *et al.*, 2019b). Neste contexto, Leventis *et al.* (2021) verificaram que o uso de inoculantes com FMA em mudas de tomateiro proporcionou o aumento no crescimento do tomateiro em condições de restrição hídrica, além de proporcionar tolerância à seca e à salinidade como visto no trabalho de Al-karaki (2006).

Na agricultura, os FMAs podem favorecer desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do tomateiro, mesmo em condições de baixa fertilidade do solo (BANLA *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2022). Estes simbiotes ainda podem promover a resistência ou a tolerância da planta a patógenos e/ou pragas (ORTEGA *et al.*, 2015 SHAFIEI; SHAHIDI-NOGHABI; SEDAGHATI, 2022), bem como melhorar a qualidade e o valor nutricional dos frutos produzidos (CHARLES; MARTÍN ALONSO, 2015; HART *et al.*, 2015). Diante da variedade de finalidade, os FMAs apresentam grande potencial para ser utilizados na agricultura como um biofertilizante em substituição a fertilizantes convencionais (DÍAZ-URBANO *et al.*, 2023).

Para os FMA estabelecerem interação com as plantas, durante o seu ciclo simbiótico, estes micro-organismos produzem estruturas como esporos, apressórios, hifas extrarradiculares, vesículas e arbúsculos (LOPES *et al.*, 2018; GOIS *et al.*, 2019; MENDONÇA *et al.*, 2019a; GRÜNFELD *et al.*, 2022).

Os esporos são estruturas de sobrevivência e disseminação dos fungos, que ao germinarem produzem hifas. Em seguida, as hifas originam os apressórios, que são importantes na interação fungo-planta, pois na sua ausência não ocorre a simbiose (ORCHARD *et al.*, 2017; PEPE *et al.*, 2020; GIOVANNETTI; SBRANA, 2020). Por sua vez, as vesículas têm a função de reserva, principalmente de lipídios que favorecem a sobrevivência destes micro-organismos em condições adversas (GIANINAZZI-PEARSON *et al.*, 1981; SMITH; READ, 2008; HEIJDEN *et al.*, 2015).

No interior das células radiculares, as hifas podem se diferenciar e formar os arbúsculos, que são estruturas responsáveis pela simbiose propriamente dita, onde disponibilizam o fosfato à planta e, em contrapartida esta transfere fotoassimilados ao fungo com gasto de energia. Enquanto as hifas extrarradiculares aumentam a área de absorção de água e de nutrientes, principalmente de fósforo e de nitrogênio (GIANINAZZI-PEARSON *et al.*, 1981; SMITH; READ, 2008; HEIJDEN *et al.*, 2015).

Estudos indicam que plantas e fungos têm a capacidade de detectar e recompensar seletivamente simbioses benéficas, no entanto as plantas, pelo menos em parte, têm a capacidade de regular essa simbiose (HEIJDEN *et al.*, 2015).

Segundo Lopes *et al.* (2018), a formação de arbúsculos e de vesículas em poáceas depende da interação da espécie vegetal e da espécie micorrízica, bem como da época do ano. Da mesma forma, Rivero *et al.* (2015) observaram que a formação de vesículas ocorreu de forma diferenciada entre isolados micorrízicos inoculados no tomateiro. Isto pode estar relacionado ao fato de plantas com baixa dependência micorrízica quando estão em solos com fertilidade alta, os simbioses fúngicos pode não ser a principal via de acesso de nutrientes para as plantas, ou quando a planta tem uma redução dossel da planta, submetida a baixas intensidades de luz, pode reduzir a produção de fotoassimilados e reduzir a disponibilidade de carbono para o fungo (SMITH; READ, 2008; VAN DER HEIJDEN *et al.*, 2015).

Em condições de campo ou com uso de substratos podem ocorrer os fungos endofíticos “dark septate”, que são caracterizados por apresentarem hifas septadas melanizadas, cuja função na planta é estimular o crescimento vegetativo devido ao aumento da absorção de nutrientes pelas hifas extrarradiculares (PEREIRA *et al.*, 2011). Todavia, a presença de micro-organismos endofíticos pode interferir na interação de outros endofíticos, tais como os fungos micorrízicos arbusculares e, conseqüentemente a eficiência da simbiose (YAN *et al.*, 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação do tomateiro IPA06 com isolados de fungos micorrízicos arbusculares na produção da muda e no crescimento da planta após o transplante, em estufa agrícola.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. INOCULANTE MICORRÍZICO

Os isolados de fungos micorrízicos arbusculares utilizados nos bioensaios foram: UFLA05 – *Gigaspora albida* (Schenck & Smith), UFLA351 – *Glomus clarum* (Nicol. & Schenck), UFLA372 – *Glomus etunicatum* (Becker & Gerdemann) e UFLA401 – *Acaulospora morrowiae* (Spain & Schenck), doados pelo Laboratório de Microbiologia do Solo, pertencentes à Universidade Federal de Lavras.

Os inoculantes foram multiplicados em solo Neossolo quartarênico autoclavado a 121°C durante uma hora e repetido após 24h. Após o resfriamento do solo, o inóculo micorrízico foi adicionado entre duas camadas de solo e semeado o capim braquiária (*Brachiaria brizantha* ‘Marandú’). O cultivo da braquiária com o inóculo fúngico foi realizado em estufa agrícola com irrigação por aspersão durante 60 dias. Após este período, foi realizada o corte da parte aérea da braquiária e a irrigação foi suprimida por 15 dias, com o intuito de estimular a esporulação dos isolados micorrízicos. O solo contendo os fragmentos de raízes da braquiária e 231 esporos por 100 g de solo foi utilizado como inoculante.

2.2. CRESCIMENTO DAS MUDAS DO TOMATEIRO IPA06 COM ISOLADOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

A cultivar do tomateiro utilizada foi a IPA06, cujas sementes foram tratadas com o fungicida Captan e produzidas pela Isla Sementes Ltda.

A produção das mudas do tomateiro IPA06 foi realizada no delineamento experimental inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos (T1 - testemunha, sem inóculo micorrízico; e quatro isolados micorrízicos: T2 - UFLA05: *Gigaspora albida*, T3 - UFLA351: *Glomus clarum*, T4 - UFLA372: *Glomus etunicatum* e T5 - UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*), com dez repetições por tratamento.

O substrato utilizado foi a mistura de um composto orgânico e inoculante micorrízico na proporção de 2:1 (v/v). O composto orgânico utilizado foi à base da mistura de pó de coco e terra vegetal (1:1; v/v) e distribuído em bandejas de 128 células em duas camadas e intercalado pelo respectivo inoculante. No tratamento testemunha, não houve a adição do inoculante micorrízico. Em seguida, foram semeadas três sementes, por tratamento e por repetição.

As bandejas contendo as mudas do tomateiro foram separadas por tratamento e distribuídas ao acaso na estufa agrícola. O cultivo foi realizado durante 42 dias após a semeadura. Aos sete dias da semeadura foi realizado o desbaste e conduzida apenas uma planta por célula. E a adubação de cobertura foi realizada, aos 15 dias de cultivo, com a adição de 5 mL de solução nutritiva 15-00-14 (15% N e 14% K₂O) e repetida quinzenalmente até uma semana antes do transplantio.

As variáveis analisadas foram: a altura da planta, o número de folhas, o comprimento da raiz, a massa seca da parte aérea, a massa seca da raiz, a massa seca total, a taxa de colonização micorrízica, a presença de fungos endofíticos “dark septate” (DSE) e a dependência micorrízica, após 42 dias da semeadura.

A altura da planta e o comprimento da raiz foram determinados com auxílio de uma régua milimétrica a partir do colo da planta. O número de folhas foi avaliado considerando inclusive os folíolos após 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias da semeadura.

A massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) foram determinadas com auxílio de balança semi-analítica, após secagem da biomassa vegetal em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C até massa constante. A massa seca (MS) total da planta foi determinada pela somatória da massa seca da parte aérea e da raiz.

A taxa de colonização micorrízica foi realizada aos 14, 28 e 42 dias da semeadura pelo método de intersecção desenvolvido por Giovannetti e Mosse (1980) e modificado por Mendonça *et. al.* (2019). Para tanto, os fragmentos radiculares com 1 cm de comprimento foram distribuídos em lâminas previamente quadriculadas (5 x 5 mm) e analisado o número de fragmentos colonizados e não colonizados ao microscópio óptico. A porcentagem de colonização micorrízica (CM) foi calculada pela equação: $CM (\%) = [(A/B) \times 100]$, onde A = número total de fragmentos radiculares colonizados e B = número de fragmentos colonizados e não colonizados. A presença de fungos endofíticos “dark septate” (DSE) foi avaliada pela visualização de hifas septadas e melanizadas durante a avaliação da colonização micorrízica.

A dependência micorrízica (DM, em %) foi calculada segundo Machineski *et. al.* (2011) pela equação: $DM (\%) = [(VM-VC)/VM] \times 100$, onde VM = valor da massa seca total na

planta micorrizada e VC = valor da massa seca total na testemunha (sem inoculação fúngica e sem nitrogênio).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. Os dados de altura da planta e número de folhas foram submetidos à análise de regressão e aplicado o teste t a 1 e 5% de probabilidade pelo programa SISVAR. Os dados de colonização micorrízica foram transformados por $\arcsin x$.

2.3. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO TOMATEIRO APÓS O TRANSPLANTIO DAS MUDA

Para avaliação do crescimento e da produção do tomateiro IPA06 foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos: T1 - Testemunha (sem inoculante micorrízico) e quatro isolados micorrízicos (T2 - UFLA05: *Gigaspora albida*, T3 - UFLA351: *Glomus clarum*, T4 - UFLA372: *Glomus etunicatum* e T5 - UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*), com quatro repetições.

Após 42 dias da sementeira, das dez mudas produzidas no item anterior, quatro plantas foram selecionadas ao acaso por tratamento e transplantadas para sacos plásticos com capacidade de 2 Kg contendo pó de coco e terra vegetal comercial, na proporção de 2:1 (v/v). As plantas transplantadas foram distribuídas ao acaso na estufa agrícola e conduzidas por mais 50 dias, totalizando 92 dias da sementeira.

Após o transplântio, foram realizadas duas adubações quinzenais com húmus e semanalmente foram aplicados 5 mL de solução 15-00-14 (15% N e 14% K₂O), até uma semana antes do transplântio. E para o controle do ácaro vermelho foi aplicado Super Pironim - Multi inseticida natural, composto por óleo de nim, extrato pirolenhoso bidestilado (livre de alcatrão), ferro 2% e zinco 2%, por duas vezes, a cada sete dias. Após 15 dias, foram realizadas duas aplicações a cada sete dias de calda de fumo caseira utilizando a formulação de 250g de fumo, 30g de sabão e 4L de água. Para evitar a iminência de ataque severo, foi aplicado acaricida sistêmico Marshal (Carbosulfano 40%).

As variáveis analisadas foram: a altura da planta, o comprimento da raiz, o volume e a densidade da raiz, a massa seca da parte aérea e da raiz, a massa seca total, o número de flores e de frutos, a taxa de colonização micorrízica, presença de fungos endofíticos "dark septate" (DSE) e a dependência micorrízica, após 50 dias do transplântio.

A altura da planta, o comprimento da raiz, a massa seca da parte aérea e da raiz, a massa seca total, a colonização micorrízica, a presença de fungos endofíticos "dark septate" e a dependência micorrízica foram analisadas conforme a metodologia descrita no item anterior. O número de flores e de frutos foram avaliados pela contagem direta, por tratamento. O volume da raiz foi determinado com base no princípio do empuxo de Arquimedes para deslocamento de água por corpos submersos. Para tanto, foi medido o volume de 500 mL de água em proveta graduada. Uma parte deste volume foi retirado em um bquer de vidro, colocada a raiz na proveta e o volume de água retirado devolvido até os 500 mL. A sobra de água restante no bquer correspondente ao volume da raiz foi determinada em bureta e a medida anotada para cada repetição. A densidade da raiz (DR) foi determinada pela equação: $DR (g \cdot mL^{-1}) = \text{massa seca da raiz} / \text{volume da raiz}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade pelo programa SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CRESCIMENTO DAS MUDAS DO TOMATEIRO IPA06 COM ISOLADOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

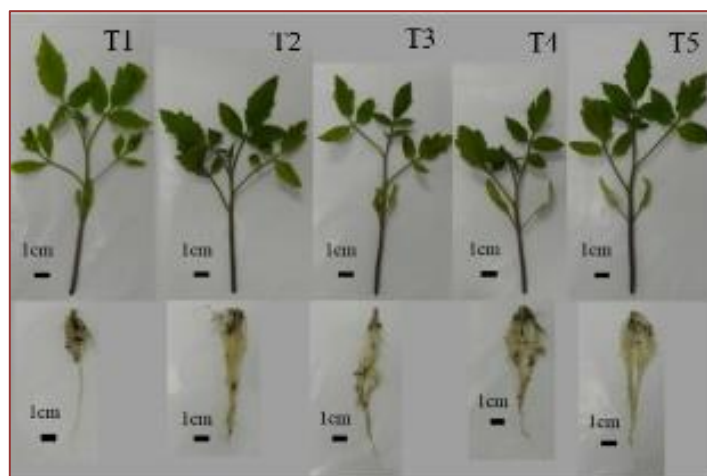
Segundo Leventis *et. al.* (2021), a inoculação das plantas de tomateiro com isolados de FMAs favoreceu o crescimento das plantas, principalmente, em condições adversas. Neste trabalho realizado em estufa agrícola tem-se que no 7º dia após a semeadura, as mudas do tomateiro IPA06 apresentaram redução significativa da altura da planta no tratamento T4 quando comparado ao T1 (sem inoculação micorrízica) e o T2. No 14º, 21º e 28º dia da semeadura, não houve influência dos isolados micorrízicos testados em relação à testemunha T1. No 35º e 42º dia da semeadura, a inoculação dos isolados micorrízicos do T4 e T5 reduziram significativamente a altura da planta em comparação ao T1. Entretanto o aumento do período de cultivo favoreceu o incremento significativo da altura da planta, cujos dados foram ajustados à regressão linear em todos os tratamentos (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1 - Altura da planta (ALT) e número de folhas (NF) das mudas do tomateiro IPA06 cultivadas com isolados de fungos micorrízicos arbusculares

Var.	Trat. ¹	Período de avaliação (dias)						Regressão R ²
		7	14	21	28	35	42	
ALT (cm)	T1	3,2 b ²	3,7 a	4,3 a	5,4 ab	7,9 a	9,3 a	Linear; 0,93** ³
	T2	3,2 b	3,8 a	4,7 a	4,8 ab	6,8 ab	8,2 ab	Linear; 0,93**
	T3	2,7 ab	4,1 a	5,0 a	5,5 a	7,0 ab	8,8 a	Linear; 0,97**
	T4	1,8 a	3,0 a	3,9 a	4,1 b	6,0 b	7,3 b	Linear; 0,96**
	T5	2,4 ab	3,4 a	4,1 a	4,9 ab	6,6 b	5,9 c	Linear; 0,96**
	CV	21,8%						
NF (cm)	T1	1,8 a	4,2 a	4,7 a	9,0 a	12,6 a	14,2 a	Linear; 0,96**
	T2	1,8 a	5,3 a	6,6 a	7,9 a	12,3 a	14,3 a	Linear; 0,97**
	T3	1,8 a	4,5 a	5,8 a	9,1 a	11,8 a	13,6 a	Linear; 0,99**
	T4	2,0 a	4,2 a	5,7 a	8,0 a	10,9 a	13,2 a	Linear; 0,99**
	T5	2,0 a	4,2 a	4,9 a	7,5 a	8,3 b	10,3 b	Linear; 0,98%
	CV	27,8%						

¹Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 - *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 - *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 - *Glomus etunicatum* e T5: UFLA 401 - *Acaulospora morrowiae*; ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de *Tukey*, a 5% de probabilidade; e ³ (**)= significativo a 1% de probabilidade pelo teste de t

Figura 1 – Parte aérea e da raiz das mudas de tomateiro IPA 06 por tratamento*, após 42 dias da sementeira, em estufa agrícola



*Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5: UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*

No número de folhas, não houve diferença significativa entre T1 - T5 no 7^o, 14^o, 21^o e 28^o dia da sementeira. Aos 35 e 42 dias da sementeira, o T5 apresentou menor formação de folhas quando comparado aos demais tratamentos. Da mesma forma que observado na variável altura das plantas, o aumento do período de cultivo das mudas favoreceu o incremento no número de folhas, cujos dados foram ajustados à regressão linear (Tabela 1; Figura 1).

Nestes resultados deve-se considerar que a eficiência dos isolados micorrízicos no desenvolvimento das plantas do tomateiro depende da interação com a cultivar em específico (BANLA *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2019b, WANG *et al.*, 2022). Neste trabalho, a inoculação dos isolados micorrízicos T2 ao T5 não influenciou na massa seca da parte aérea, da massa seca da raiz, da massa seca total e do comprimento da raiz do tomateiro IPA06 quando comparado à testemunha T1 (sem inóculo micorrízico), exceto o T3 na massa seca da raiz e o T2 no comprimento da raiz, em que promoveram redução significativa das respectivas variáveis (Tabela 2; Figura 1).

Tabela 2 - Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), comprimento radicular (CR), colonização micorrízica (CM), dependência micorrízica (DM) e presença de fungos endofíticos “dark septate” (DSE) nas mudas de tomateiro IPA 06, após 42 dias da sementeira

Trat. ¹	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	CR (cm)
T1	0,10 a ²	0,04 a	0,15 a	9,8 a
T2	0,10 a	0,03 ab	0,14 a	7,5 b
T3	0,09 a	0,02 b	0,11 a	9,3 ab
T4	0,10 a	0,05 a	0,14 a	9,0 ab
T5	0,11 a	0,03 ab	0,14 a	9,3 ab
CV	16,9%	28,8%	17,5%	10,9%

¹Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5:UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*; e ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Ressalta-se que a eficiência da colonização micorrízica no crescimento das plantas hospedeiras depende do tempo necessário para estabelecimento da simbiose, o qual pode variar entre espécie vegetal e isolado micorrízico, como em função do tempo de cultivo e da estação de cultivo (COLODETE *et al.*, 2014; RIVERO *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2018).

No tomateiro IPA06, as mudas apresentaram taxa de colonização micorrízica máxima de 23,4%, após 14 dias da semeadura, significativamente superior aos demais tratamentos. Deve-se considerar que o T1 (sem inóculo micorrízico) e o T3 não apresentaram colonização micorrízica no 14º dia de semeadura (Tabela 3).

Tabela 3 – Colonização micorrízica (CM), dependência micorrízica (DM) e presença de fungos “dark septate” nas mudas do tomateiro IPA06 aos 14, 28 e 42º dia após a semeadura

Trat. ¹	Colonização micorrízica (%)			Regressão	R ²	DM (%)	DSE
	14º dia	28º dia	42º dia				
T1	0,0 b ²	6,6 b	16,8 b	Linear	0,99** ³	-	+ ⁵
T2	10,7 b	24,9 ab	56,6 a	Linear	0,95**	-14,9 ⁴	+
T3	0,0 b	55,7 a	31,7 ab	Quadrática	1,00 *	-36,8	+
T4	23,4 a	54,7 a	50,1 a	Quadrática	1,00 *	-11,4	+
T5	6,7 b	57,1 a	54,9 a	Quadrática	1,0 *	-7,8	+
CV	39,2%						

¹Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5:UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*; ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³ (*) significativo a 5% de probabilidade; (**) significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; ⁴ Valores negativos = redução da biomassa vegetal; ⁵ (+) Presença de fungo endofítico “dark septate”

No 28º dia da semeadura, os tratamentos T3, T4 e T5 apresentaram taxa de colonização de 54,7 a 57,1%, cujos valores foram significativamente superiores aos 6,6% obtidos no T1. Não houve diferença significativa entre os tratamentos T1 (testemunha) e T2, aos 28 dias da semeadura. Aos 42 dias da semeadura, as mudas nos tratamentos T2, T4 e T5 apresentaram taxa de colonização 56,6%, 50,1% e 54,9%, respectivamente, valores estes superiores significativamente ao T1 (16,8%). Nestes resultados deve-se considerar que a colonização micorrízica das plantas no T1 (sem inóculo micorrízico) após 28 e 42 dias da semeadura pode ter sido resultado da dispersão dos esporos pela água da irrigação e/ou pelo vento (Tabela 3).

Comparativamente, Mendonça *et al.* (2019b) observaram que a taxa de colonização do tomateiro IPA06, com mesmos isolados micorrízicos testados neste trabalho, variou de 40,3 a 83,8% após 42 dias da semeadura, valores estes superiores aos observado neste trabalho. Neste resultado deve-se considerar que Mendonça *et al.* (2019b) utilizaram sementes do tomateiro IPA06 sem nenhum tratamento químico, enquanto neste trabalhos as sementes foram tratadas quimicamente com o fungicida Captan, o que pode ter influenciado inicialmente na interação dos isolados micorrízicos com o tomateiro. Uma vez que, Malfatti (2019) observou que a aplicação de herbicidas e inseticidas neonicotinóides reduziram a taxa de germinação dos esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

O aumento do período de cultivo resultou no incremento da colonização micorrízica do tomateiro IPA06, cujos dados foram ajustados à regressão linear no T1, T2 e à regressão quadrática no T3, T4 e T5. Neste resultado deve-se considerar que a colonização micorrízica tardia no T3 e aumento da colonização aos 28 dias da semeadura do tomateiro

nos tratamentos T2 ao T5 (Tabela 3), pode reduzir a viabilidade do inóculo micorrízico e a eficiência micorrízica, pois os FMAs são micro-organismos que necessitam dos fotoassimilados liberados produzidos pela planta (COLODETE *et al.*, 2014). Por sua vez, Pérez (2012) observou que inicialmente os fungos micorrízicos inicialmente colonizam as raízes através da formação das hifas e, somente posteriormente originam os arbúsculos, os quais são estruturas responsáveis pela simbiose propriamente dita entre o fungo e a planta hospedeira (VAN DER HEIJDEN *et al.*, 2015).

No tomateiro IPA06 foi observada a intensa formação de hifas ao redor das raízes nas mudas avaliadas aos 15 dias da semeadura. Segundo Van der Heijden *et al.* (2015), as hifas extrarradiculares tem a função de aumentar a área de exploração do solo por água e por nutrientes, que serão disponibilizados às plantas hospedeiras.

A partir do 28º dia, as mudas do tomateiro IPA06 apresentaram a formação de vesículas e de arbúsculos, o que demonstra precocidade dos isolados micorrízicos testados quando comparado aos resultados obtidos por Rivero *et al.* (2015), em que observaram a formação dos arbúsculos somente após 56 dias de cultivo. Ressalta-se que as vesículas são estruturas importantes de reserva e, portanto, na sobrevivência dos inoculantes, bem como os arbúsculos são estruturas efêmeras responsáveis pela simbiose propriamente dita (GIANINAZZI-PEARSON *et al.*, 1981; SMITH; READ, 2008). Todavia, é importante considerar que a formação dos arbúsculos e das vesículas pode depender da interação dos isolados micorrízicos com a espécie vegetal, em uma determinada época do ano (LOPES *et al.*, 2018).

Em relação ao desenvolvimento vegetativo, o emprego dos isolados micorrízicos (T2 a T5) não favoreceu o aumento de biomassa da parte aérea e da raiz das mudas em relação ao T1 (testemunha) pela dependência micorrízica, pois apresentaram valores negativos, em todos os tratamentos (Tabela 3).

A ocorrência de dependência micorrízica negativa em plantas micorrizadas também foi citada por Gomes Júnior *et al.* (2011), para o tomateiro cereja. Segundo estes autores, a dependência micorrízica negativa no desenvolvimento das plantas foi associada ao uso de um biofertilizante concomitante a inoculação micorrízica. A hipótese levantada foi que o aporte de fósforo ofertado pelo biofertilizante influenciou o processo de simbiose, o qual pode criar uma interpretação negativa do FMA na simbiose. Diante disso, a realização da adubação orgânica a cada 15 dias, pode ter mascarado os benefícios da colonização micorrízica.

Outro fator a ser considerado é a presença de outros fungos endofíticos. Uma vez que, foi observada a presença de fungos endofíticos “dark septate” (DSE) em todos os tratamentos (Tabela 3), o que pode ter influenciado no crescimento vegetativo das plantas, tal como citado por Santana-Santos *et al.* (2022) com alface “saia véia” colonizada por FMA e DSE.

A ocorrência dos fungos DSE pode ter sido oriundo das sementes, tal como observado em arroz por Gois *et al.* (2019) ou devido a não desinfestação do substrato orgânico utilizado no cultivo, à base de terra vegetal e pó de coco. Pois, Rieth (2012), ao pesquisar o desenvolvimento de porta-enxertos de citros com fungos micorrízicos, em diferentes substratos, recomendou a desinfestação de substratos orgânicos.

De maneira geral, os inoculantes micorrízicos testados não favoreceram o crescimento da muda do tomateiro IPA06 cultivado em substrato orgânico, provavelmente devido a presença dos fungos endofíticos “dark septate” que pode ter mascarado a eficiência dos simbiontes testados.

3.2. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO TOMATEIRO APÓS O TRANSPLANTIO DAS MUDA

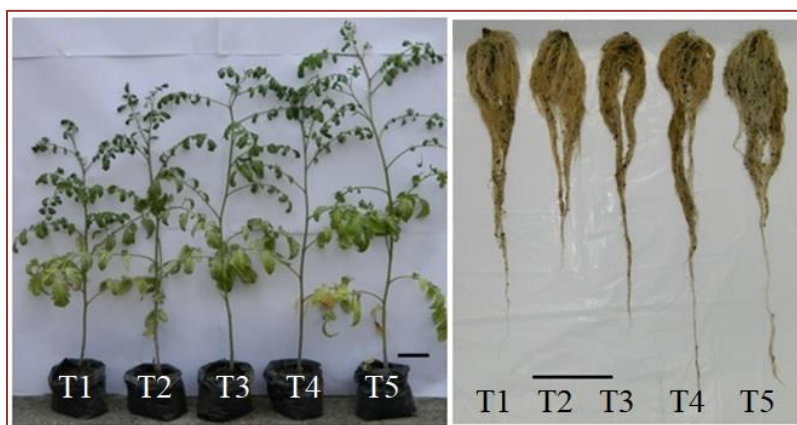
A inoculação dos isolados micorrízicos do tomateiro IPA06 com T4 e T5 favoreceram o crescimento em altura da planta em relação ao T1 (testemunha). Não houve influência dos isolados micorrízicos testados (T2 ao T5) na massa seca da parte aérea, no comprimento da raiz, no volume da raiz, na densidade da raiz e no número de flores, em comparação à testemunha (T1). As plantas do tomateiro IPA 06 no T5 apresentaram aumento significativo da massa seca da raiz e da massa seca total frente ao T2. Não houve formação de frutos em todos os tratamentos (Tabela 4; Figura 2).

Tabela 4 – Altura da planta (ALT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), comprimento de raiz (CR), volume da raiz (VR), densidade da raiz (DR), número de flores (NFL) e número de frutos (NFR) do tomateiro IPA06 colonizado por isolados de fungos micorrízicos, após 92 dias da sementeira

Trat. ¹	ALT	MSPA	MSR	MST	CR	VR	DR	NFL	NFR
	(cm)	(g)	(g)	(g)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁻³ /g)		
T1	51,8 c ²	6,4 ab	3,6 a	10,0 ab	37,8 a	23,2 a	0,5 a	8,5 a	-
T2	63,7 bc	5,4 b	1,2 b	6,6 b	38,4 a	11,2 a	0,6 a	5,7 a	-
T3	64,3 bc	5,8 ab	2,3 ab	8,1 ab	42,8 a	15,3 a	0,5 a	6,8 a	-
T4	70,3 ab	6,8 ab	1,9 ab	8,7 ab	39,4 a	17,0 a	0,5 a	5,5 a	-
T5	86,7 a	9,0 a	2,8 a	11,8 a	44,8 a	17,5 a	0,7 a	8,0 a	-
CV %	11,5 ³	22,4	21,6 ³	22,8	17,1	19,7 ³	26,0	41,8 ³	-

¹Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5:UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*; ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³ Dado transformado por $x = \sqrt{x}$

Figura 2 – Mudanças do tomateiro IPA06 inoculadas com isolados de fungos micorrízicos arbusculares após 92 dias da sementeira^{1,2}



¹Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5:UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*; ²barra = 10 cm

Em termos de biomassa, as raízes cresceram mais volumosamente no substrato superficialmente como um manto, na região onde foi aplicado a adubação orgânica de cobertura, em todos os tratamentos. Segundo Oliveira *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2007),

a utilização de substratos ricos em materiais orgânicos, como composto ou esterco, estimularam o crescimento de raízes. Entretanto, neste experimento, não houve diferença significativa no volume, na densidade e no comprimento da raiz das mudas do tomateiro com e sem inoculante micorrízico após o cultivo em substrato orgânico e com adubação de cobertura à base de composto.

Outro fator que pode ter influenciado no crescimento das raízes pode estar relacionado com a forma de preparo do substrato à base de pó de coco, pois esse material deve ser bem lavado para redução do teor de sais e tanino. Como foi utilizado pó de coco comercial, não se sabe se este procedimento foi adequadamente realizado, o que pode ter favorecido o desenvolvimento das raízes mais superficialmente no composto orgânico adicionado na adubação de cobertura.

A concentração de pó de coco adicionado ao substrato de cultivo também pode influenciar na eficiência da colonização micorrízica. Uma vez que, Monteiro *et. al.* (2009) observaram que a concentração ideal de pó de coco e solo no cultivo de pimentão micorrizado foi de 10% de pó de coco para 90% de solo. Comparativamente, neste trabalho foi utilizada a proporção de 2:1 de terra vegetal e pó de coco, o que pode ter influenciado no desenvolvimento das raízes, tal como observado por Monteiro *et. al.* (2009).

Por sua vez, Rieth (2012) enfatizaram a importância da desinfestação de substratos orgânicos visando à redução de contaminação e sua influência sobre a simbiose e o desenvolvimento das plantas quando inoculado com fungos micorrízicos, o que não foi realizado neste trabalho, pois pretendia-se avaliar o crescimento em condições similares às utilizadas pelos produtores orgânicos do tomateiro.

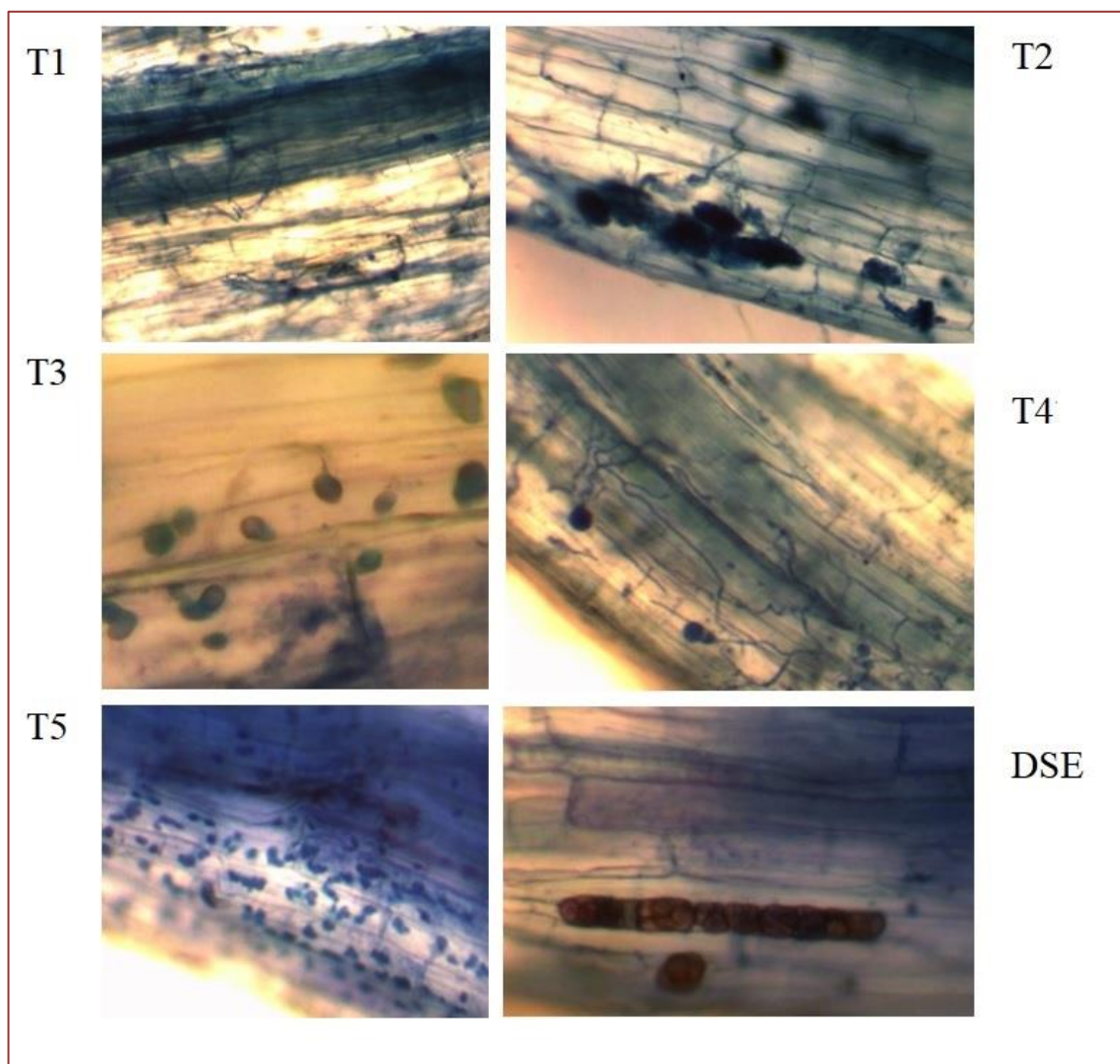
A taxa de colonização micorrízica foi em média de 78,3%, sem diferença entre os isolados testados (T2 a T5) e a testemunha (T1) (Tabela 5, Figura 3), cujo valor pode ser classificado como elevado segundo Carneiro *et. al.* (1998).

Tabela 5 – Taxa de colonização micorrízica (CM) dependência micorrízica (DM) e presença de fungos endofíticos “dark septate” (DSE), após 92 dias da semeadura

Tratamentos ¹	CM (%)	DSE	DM (%)
T1	80,0 a ³	+	-
T2	70,2 a	+	-56,6
T3	80,9 a	+	-28,0
T4	76,7 a	+	-22,0
T5	76,9 a	+	13,7
CV %	12,2		

¹Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5:UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*; ² Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ³ Dado transformado por arsen x

Figura 3 – Fragmentos de raízes do tomateiro IPA06 colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (T1 ao T5)* e por fungos endofíticos “dark septate”(DSE), após 92 dias da sementeira



*Tratamentos: T1: testemunha (sem micorriza), T2: UFLA 05 – *Gigaspora albida*, T3: UFLA 351 – *Glomus clarum*, T4: UFLA 372 – *Glomus etunicatum* e T5:UFLA 401 – *Acaulospora morrowiae*

A elevada taxa de colonização micorrízica pode ter sido devido à utilização de composto orgânico, uma vez que Oliveira *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2007) relataram que substratos ricos em fonte de carbono favorecem a colonização micorrízica. Além disso, a colonização do tratamento testemunha (T1) pode ter sido favorecida pela elevada incidência de ácaros durante a fase de cultivo, o que pode ter contribuído para a dispersão dos esporos dos fungos micorrízicos, no interior da estufa.

Comparativamente, Sousa *et al.* (2010) obtiveram valores de 63% até 74,4% de colonização do tomateiro pelo fungo *Glomus clarum* e de 64,5% a 70,2% com fungo *Gigaspora albida*, após 120 dias de cultivo. Mendonça *et al.* (2019b) observaram que as plantas do tomateiro IPA06, cujas sementes não foram tratadas com fungicida, apresentaram taxa de colonização micorrízica de 44,9%, em média, após 92 dias da sementeira e inoculação com mesmos isolados micorrízicos e substrato orgânico

utilizados neste trabalho. Enquanto Banla *et al.* (2015) observaram colonização de 26% do tomateiro com outros isolados micorrízicos após 45 dias do transplante em substrato à base de húmus.

Em todos os tratamentos foram observados os fungos endofíticos “dark septate” (DSE) (Tabela 5, Figura 3), os quais podem influenciar no desenvolvimento da planta hospedeira juntamente com os fungos micorrízicos (GOIS *et al.*, 2019; SANTANA-SANTOS *et al.*, 2022).

Segundo Rizvi *et al.* (2015), as plantas colonizadas por fungos micorrízicos podem aumentar a biomassa da planta hospedeira, por favorecer melhor exploração do solo e captação de água e de nutrientes. Entretanto, apenas o isolado do tratamento T5 favoreceu o incremento de 13,7% na massa seca total do tomateiro IPA06. Enquanto, Mendonça *et al.* (2019b) mencionaram uma dependência micorrízica da massa seca da parte aérea e da raiz de 19,1% e 40,9%, respectivamente, no tomateiro com mesmo isolado micorrízico e substrato de cultivo, mas sem o tratamento com fungicida nas sementes utilizadas no experimento. A menor dependência micorrízica do IPA06, neste trabalho pode ter sido reflexo da colonização micorrízica tardia durante a produção das mudas, tal como observado por Colodete *et al.* (2014) e discutido anteriormente.

Outro aspecto a ser considerado é que a alta taxa de colonização micorrízica do tratamento T1 (testemunha) pode ter mascarado o efeito dos isolados micorrízicos. Uma vez que no cálculo da dependência micorrízica considera-se a biomassa da planta micorrizada em relação ao tratamento testemunha (sem inoculação micorrízica) (MACHINESKI *et al.*, 2011).

No âmbito desta discussão sobre ganhos de biomassa entre os tratamentos, Detman *et al.* (2008) fez importantes observações. Segundo estes autores, espécies herbáceas, como o tomateiro podem apresentar elevada colonização micorrízica e resposta variável à micorrização, tal como observado neste experimento.

Dentre os fatores que podem ter influenciado a dependência micorrízica, a presença dos fungos endofíticos “dark septate” pode ter uma relação de competição ou de cooperação a depender da interação com os isolados micorrízicos (DETMAN *et al.*, 2008). Neste contexto, Barretti *et al.* (2008) observaram aumento de 100 a 225% na massa da matéria fresca e seca das raízes de tomateiro devido à presença de micro-organismos endofíticos. Do mesmo modo, Sousa *et al.* (2009) concluíram que actinomicetos presentes no substrato promoveram ganhos em altura da planta e na massa seca aérea e da raiz.

De forma geral, a elevada taxa de colonização das plantas após o transplante, não influenciou positivamente no ganho de biomassa vegetal e nem na formação de frutos do tomateiro IPA06. Entretanto, esta resposta pode ser diferente a depender da época do ano (LOPES *et al.*, 2018), o que torna importante a continuidade dos estudos.

4. CONCLUSÕES

A inoculação do tomateiro IPA06 com isolados de fungos micorrízicos não garante o aumento de biomassa vegetal e produção desta hortaliça, apesar da elevada taxa de colonização, em substrato orgânico.

REFERÊNCIAS

- [1] AL-KARAKI, G. N. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia horticulturae*, v. 109, n. 1, p. 1–7, 2006.
- [2] BANLA, E.; BANITO, A.; SOGBEDJI, J. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the production of tomato in Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, v. 9, n. 3, p. 1270, 2015.
- [3] BARRETTI, P.B.; SOUZA, R.M.; POZZA, A.A.A.; POZZA, E.A.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, J.T. Aumento da eficiência nutricional de tomateiros inoculados com bactérias endofíticas promotoras de crescimento. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, n. 4, p. 1541-1548, 2008.
- [4] CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; JUNIOR, O. J. S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudeste do Brasil. *Cerne*, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.
- [5] CHARLES, N. J.; MARTÍN ALONSO, N. J. Management and use of arbuscular mycorrhizal fungi (amf) and earth worm humus in tomato (*Solanum lycopersicum* l.) under protected system. *Cultivos tropicales*, v. 36, n. 1, p. 53–62, 2015.
- [6] COLODETE, C.M.; SOUZA, S.B.; BARBIRATO, J.O.; RUAS, K. F. Novas perspectivas da simbiose micorrízica e seus facilitadores transmembrânicos na interface da troca bidirecional de nutrientes minerais: revisão. *Perspectivas online: Biologia & Saúde*, v.12, n.4, p.8-21, 2014.
- [7] DETMANN, K.S. C.; DELGADO, M.N.; REBELLO, V.P.A.; LEITE, T.S.; AZEVEDO, A.A.; KASUYA, M.C.M.; ALMEIDA, A.M. Comparação de métodos para a observação de fungos micorrízicos arbusculares e endofíticos do tipo dark septate em espécies nativas de cerrado. *Revista Brasileira de Ciências do solo*, v. 32, n. 5, p. 1883-1890, 2008.
- [8] DÍAZ-URBANO, M.; GOICOECHEA, N.; VELASCO, P.; POVEDA, J. Development of agricultural bio-inoculants based on mycorrhizal fungi and endophytic filamentous fungi: Co-inoculants for improve plant-physiological responses in sustainable agriculture. *Biological control*, v. 182, p. 102-111, 2023.
- [9] GIANINAZZI-PEARSON, V.; MORANDI, D.; DEXHEIMER, J.; GIANINAZZI, S. Ultrastructural and ultracytochemical features of a *Glomus tenuis* mycorrhiza. *New Phytologist*, v. 88, n. 4, p. 633–639, 1981.
- [10] GIOVANNETTI, M.; AVIO, L.; BARALE, R.; CECCARELLI, N.; CRISTOFANI, R.; IEZZI, A.; MIGNOLLI, F.; PICCIARELLI, P.; PINTO, B.; REALI, D.; SBRANA, C.; SCARPATO, R. Nutraceutical value and safety of tomato fruits produced by mycorrhizal plants. *British Journal of Nutrition*, v. 107, n. 2, p. 242-251, 2012.
- [11] GOIS, L. D. S.; MENDONÇA, J. D. J.; TEIXEIRA, J. L.; PRADO, C. M. D. O.; HOLANDA, F. S. R.; MARINO, R. H. Exotic arbuscular mycorrhizal fungi and native dark septate endophytes on the initial growth of *Paspalum millegrana* grass. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 3, p. 607–615, 1, 2019.
- [12] GOMES JÚNIOR, J.; SILVA, A. J. N.; SILVA, L. L. M.; SOUZA, F.T.; SILVA, J. R. Crescimento e produtividade de tomateiros do grupo cereja em função da aplicação de biofertilizante líquido e fungo micorrízico arbuscular. *Revista brasileira de ciências agrárias*, v. 6, n. 4, p. 627-633, 2011.
- [13] GRÜNFELD, L.; SKIAS, G.; RILLIG, M. C.; VERESOGLOU, S. D. Arbuscular mycorrhizal root colonization depends on the spatial distribution of the host plants. *Mycorrhiza*, v. 32, n. 5, p. 387–395, 2022.
- [14] HART, M.; EHRET, D. L.; KRUMBEIN, A.; LEUNG, C.; MURCH, S.; TURI, C.; FRANKEN, P. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves the nutritional value of tomatoes. *Mycorrhiza*, v. 25, n. 5, p. 359–376, 2015.
- [15] LEVENTIS, G.; TSIKNIA, M.; FEKA, M.; LADIKOU, E. V.; PAPADAKIS, I. E.; CHATZIPAVLIDIS, I.; PAPADOPOULOU, K.; EHALIOTIS, C. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance growth of tomato under normal and drought conditions, via different water regulation mechanisms. *Rhizosphere*, v. 19, p. 1-8, 2021.
- [16] LIMA, R.L.F.A.; SALCEDO, I.H.; FRAGA, V.S. Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 2, p. 257-268, 2007.
- [17] LOPES, L. J. de O.; SANTOS, G. M. dos; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. F. S.; MENDONÇA, J. D. J.;

FAGUNDES, J. L.; MARINO, R. H. Produção de propágulos micorrízicos em sorgo e/ou em braquiária. *Scientia Plena*, v. 14, n. 8, 25, 2018.

- [18] MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. Resposta do mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. *Semina: Ciências Agrárias*. v.32, n.4, supl. 1, p. 1855-1862, 2011.
- [19] MALFATTI, A. L. R. Efeitos ecotoxicológicos de herbicidas e inseticidas neonicotinóides na germinação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2019. 47 p.
- [20] MENDONÇA, J. D. J.; GOIS, L. D. S.; SANTOS, J. F. S.; SANTOS, T. A. D. C.; HOLANDA, F. S. R.; MARINO, R. H. Native microbiota and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Paspalum millegrana* schrad. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 2, p. 345–353, 2019a.
- [21] MENDONÇA, J. J.; OLIVEIRA, P. R.; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. F. S.; MENEZES, G. S.; COSTA, F. M.; BARBOSA, A. V. G.; MARINO, R. H. Crescimento e colonização micorrízica do tomateiro IPA06 inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em substrato orgânico. *Revista brasileira de ciências agrárias - Brazilian journal of agricultural sciences*, v. 14, n. 3, p. 1–9, 2019b.
- [22] MONTEIRO, M. T. M.; GOMES, V. F. F.; MENDES FILHO, P. F.; GUIMARÃES, F. V. A. Absorção de nutrientes por mudas de pimentão micorrizado cultivado em substrato com pó de coco. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 2, p. 95-101, 2009.
- [23] OLIVEIRA, L.C.; STANGARLIN, J.R.; LANA, M. DO C.; SIMON, D. N.; ZIMMERMAN, A. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos do solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema de cultivo orgânico. *Arq. Inst. Biol. São Paulo*, v. 79, n. 4, p. 557-565, 2012.
- [24] ORCHARD, S.; STANDISH, R. J.; DICKIE, I. A.; RENTON, M.; WALKER, C.; MOOT, D.; RYAN, M. H. Fine root endophytes under scrutiny: a review of the literature on arbuscule-producing fungi recently suggested to belong to the Mucoromycotina. *Mycorrhiza*, v. 27, n. 7, p. 619–638, 2017.
- [25] ORTEGA, E. P.; NOVAL, B. M. De; COCA, B. M.; TORRES, W.; NOVAL, D.; CARMONA, A. M.; HERNÁNDEZ, A.; LEÓN, O. Inducción de mecanismos de defensa en plantas de tomate (*Solanum lycopersicon* L.). *Cultivos Tropicales*, v. 36, n. 1, p. 94-102, 2015.
- [26] PEPE, A.; GIOVANNETTI, M.; SBRANA, C. Appressoria and phosphorus fluxes in mycorrhizal plants: connections between soil- and plant-based hyphae. *Mycorrhiza*, v. 30, n. 5, p. 589–600, 2020.
- [27] PEREIRA, G. M. D.; RIBEIRO, K. G.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; VITAL, M., J. S.; KASUYA, M. C. M.; ZILI, J. E. Ocorrência de fungos endofíticos “dark septate” em raízes de *Oryza glumaepatula* na Amazônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 3, p. 331-334, 2011.
- [28] PÉREZ, M. Y. Efectividad de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) del género *Glomus* por dos vías diferentes en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, v. 33, n. 4, p. 71-76, 2012.
- [29] RIETH, S. Desinfestação de substratos e fungos micorrízicos na produção de porta-enxertos de citros. 2012. 115p. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [30] RIVERO, J.; GAMIR, J.; AROCA, R.; POZO, M. J.; FLORS, V. Metabolic transition in mycorrhizal tomato roots. *Frontiers in Microbiology*, v. 6, n. 598, 2015.
- [31] SANTANA-SANTOS, I. V.; CHAVES-SILVA, N. E.; AMÂNCIO, L. H. S.; SANTOS, W. B.; VIÉGAS, P. R. A.; MARINO, R. H. Fungos comestíveis e microbiota nativa no controle do nematoide formador de galhas. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente (RAMA)*, v. 15, n. 2, e9301, 2022.
- [32] SHAFIEL, F.; SHAHIDI-NOGHABI, S.; SEDAGHATI, E. The impact of arbuscular mycorrhizal fungi on tomato plant resistance against *Tuta absoluta* (Meyrick) in greenhouse conditions. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v. 25, n. 3, p. 1-8, 2022.
- [33] SMITH, S. E.; READ, D. *Mycorrhizal symbiosis*, 3ed. Third Edition, 2008, 815 p.
- [34] SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; Produção de mudas de tomateiro em substrato orgânico inoculado e incubado com estreptomicetos. *Bragantia*, v. 68, n. 1, p. 195-203, 2009.
- [35] SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; GARRIDO, M. S.; MACHADO, G.S. Fungos micorrízicos arbusculares no controle de *Meloidogyne incogita* em mudas de tomateiro. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 1, p.

15-20, 2010.

[36] VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; MARTIN, F. M.; SELOSSE, M. A.; SANDERS, I. R. Mycorrhizal ecology and evolution: The past, the present, and the future. *New Phytologist*, v. 205, n. 4, p. 1406-1423, 2015.

[37] WANG, L.; CHEN, X.; WANG, S.; DU, Y.; ZHANG, D.; TANG, Z. Effects of arbuscular mycorrhizal symbiosis on the growth and reproduction of cherry tomato can be persistent to the next generation. *European journal of soil biology*, v. 112, p. 1-8, 2022.

[38] YAN, J. F.; BROUGHTON, S. J.; YANG, S. L.; GANGE, A. C. Do endophytic fungi grow through their hosts systemically? *Fungal Ecology*, v. 13, n. 1, p. 53-59, 2015.

[39] ZHU, B.; GAO, T.; ZHANG, D.; DING, K.; LI, C.; MA, F. Functions of arbuscular mycorrhizal fungi in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, v. 303, p. 1-12, 2022.

Capítulo 10

*Inibição do crescimento micelial de *Alternaria* sp. por isolados de *Pleurotus* sp.*

Michele Santos de Jesus

David Patrick Almeida Correia

Regina Helena Marino

Resumo: O uso de biopesticidas na produção agrícola é uma alternativa ecológica e importante na redução da contaminação ambiental, dos alimentos e dos seres vivos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a inibição do crescimento micelial do agente causal do fungo *Alternaria* sp., agente causador da doença denominada Pinta preta no tomateiro, pelos isolados dos fungos comestíveis: *Pleurotus ostreatus* (POS W, POS SP1, POS 98/38) e *P. eryngii* (POS ER), em dois bioensaios. No primeiro bioensaio foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos: T1 – testemunha ALT e as interações dos isolados dos fungos comestíveis com o fitopatógeno *Alternaria* sp. (ALT); T2 – POS W x ALT; T3 – POS SP1 x ALT; T4 – POS 98/38 x ALT e T5 – POS ER x ALT, com quatro repetições por tratamento. No segundo bioensaio foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado no esquema fatorial de 5 x 5 correspondentes ao cultivo do isolado ALT em cinco tratamentos: T1 – testemunha, meio de cultura sem colonização fúngica; e a adição dos filtrados do meio de cultivo dos isolados fúngicos comestíveis: T2 – POS W, T3 – POS SP1, T4 – POS 98/38 e T5 – POS ER, com cinco concentrações (0, 50, 100, 200 e 400 μL por 100 mL^{-1} de meio de cultura) e quatro repetições por tratamento. No primeiro bioensaio, o período de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp. influencia no controle do fungo *Alternaria* sp. No segundo bioensaio, o filtrado do meio de cultivo dos isolados de fungos comestíveis de *Pleurotus* spp. representa uma alternativa para obtenção do princípio ativo visando o controle de *Alternaria* sp. Os isolados POS W e POS SP1 apresentam potencial no controle de *Alternaria* sp. na concentração de 400 μL por 100 mL de meio de cultura.

Palavras-chave: biofungicida, fungos comestíveis, filtrado fúngico.

1. INTRODUÇÃO

O fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. é o agente causador da doença denominada de Pinta preta no tomateiro (SOLINO *et al.*, 2017), cujos sintomas podem ser caracterizados pela presença de manchas necróticas nos frutos, hastes, caule e nas folhas, promovendo até a desfolha em ataques severos (KOBAYASHI e AMARAL, 2018).

Dentre as formas de controle, o uso de fungicidas de proteção ou sistêmicos vem sendo a principal método de controle de fungos fitopatogênicos, mas pode contribuir para a resistência microbiana ao produto químico e para a poluição ambiental (REIS *et al.*, 2018).

De forma alternativa e ecológica, o uso do extrato dos basidiomas (cogumelo) dos fungos comestíveis controlou o crescimento de protozoários (ALEXANDRE *et al.*, 2017), de fungos fitopatogênicos como *Pythium* e *Verticillium* (OWAID *et al.*, 2017) e de *Fusarium* (FIGUEIREDO e SILVA, 2014). Silva *et al.* (2008) observaram também que o emprego de extratos dos basidiomas dos fungos comestíveis *Agaricus blazei* e *Lentinula edodes* reduziram a incidência de murcha causada pela fitobactéria *Ralstonia solanacearum* em berinjela, pela indução à resistência da planta ao patógeno. E Piccinin *et al.* (2010) verificaram que o extrato do basidioma de *Lentinula edodes* (cogumelo “Shiitake”) reduziu o crescimento micelial e a esporulação dos fungos fitopatogênicos causadores da helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e da antracnose (*Colletotrichum sublineolum*) no sorgo “in vitro” e “in vivo”, quando comparado com o uso do filtrado do meio de cultivo. Segundo estes autores, o composto lentinana presente no extrato do basidiomas do *L. edodes* foi responsável pela inibição do crescimento micelial e da redução do número de esporos destes fitopatógenos.

Especificamente para o fungo *Alternaria solani*, Domingues *et al.* (2011) observaram que o extrato do cogumelo *Irpex lacteus* inibiu parcialmente o crescimento micelial deste fitopatógeno, mas estimulou a germinação de escleródios que são estruturas de sobrevivência. Entretanto, não foram encontrados relatos sobre a ação de filtrados do meio de cultivo do cogumelo *Pleurotus* spp. no controle de *Alternaria* sp. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a inibição do crescimento micelial do agente causal da Pinta preta (*Alternaria* sp.) por isolados de fungos comestíveis pertencentes ao gênero *Pleurotus* sp. em meio sólido e líquido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. INOCULANTE FÚNGICO

O isolado ALT de *Alternaria* sp, agente causal da Pinta preta no tomateiro, e os isolados dos cogumelos comestíveis *Pleurotus ostreatus* (POS W, POS SP1, POS 98/38) e *Pleurotus eryngii* (POS ER) utilizados nos bioensaios foram os pertencentes à Micoteca do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe.

Para produção do inoculante fúngico foi realizada a transferência de fragmentos miceliais dos respectivos isolados para meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA comercial, 40 g L⁻¹) previamente autoclavado (121 °C e 1 atm) e acondicionado em placas de Petri. A incubação foi realizada em incubadora BOD a 27 ± 1 °C, com fotoperíodo de oito horas de luz durante seis dias.

2.2. INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DO FUNGO *Alternaria* sp. POR ISOLADOS DE *Pleurotus* spp.

A inibição do crescimento micelial do fungo ALT de *Alternaria* sp. por isolados de *Pleurotus* spp. foi avaliada pelo delineamento experimental inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos: T1 – testemunha ALT e as interações dos isolados dos fungos comestíveis com o fitopatógeno *Alternaria* sp. (ALT): T2 – POS W x ALT; T3 – POS SP1 x ALT; T4 – POS 98/38 x ALT e T5 – POS ER x ALT, com quatro repetições por tratamento.

Para tanto, um disco micelial de 6 mm de diâmetro do inoculante de *Pleurotus* spp. e de *A. alternata* (ALT) foram transferidos para placa de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio BDA comercial autoclavado. Os discos inoculantes foram dispostos com distância de 2 cm entre os discos miceliais, conforme os tratamentos (T2 a T5). No tratamento testemunha do fungo ALT (T1) foi transferido apenas o disco micelial deste isolado. O cultivo foi realizado em incubadora BOD a 27 ± 1 °C com fotoperíodo de oito horas de luz.

As variáveis analisadas foram: o diâmetro do crescimento micelial, a velocidade de crescimento e a porcentagem de inibição do crescimento micelial após três, quatro e cinco dias da inoculação.

O diâmetro micelial (DM) foi avaliado com auxílio de régua milimetrada e foram realizadas duas medições cruzadas e obtido o valor médio do diâmetro.

A velocidade de crescimento (VC) foi avaliada pela equação: $VC \text{ (cm dia}^{-1}\text{)} = (A-B)/C$, em que: A = diâmetro micelial final, B = diâmetro micelial inicial, C = intervalo de dias de avaliação.

A porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) foi avaliada nas variáveis de diâmetro (PIC-DM) e de velocidade de crescimento (PIC-VC) pela equação: $PIC = [(D - E)/D] \times 100$, onde D = valor médio da variável no tratamento testemunha (T1), E = valor médio da variável nos tratamentos conforme as interações fúngicas (T2 a T5).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e nos casos em que houve significância foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos. Os dados das variáveis analisadas no período de avaliação foram submetidos à análise de regressão e aplicado o teste t a 1 a 5% de probabilidade.

2.3. INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL DO FUNGO *Alternaria* sp. POR FILTRADOS DO MEIO DE CULTIVO DOS ISOLADOS DO *Pleurotus* spp.

O delineamento experimental inteiramente casualizado no esquema fatorial de 5 x 5 correspondentes ao cultivo do isolado ALT em cinco tratamentos: T1 – testemunha, meio de cultura sem colonização fúngica; e a adição dos filtrados do meio de cultivo dos isolados fúngicos comestíveis: T2 – POS W, T3 – POS SP1, T4 – POS 98/38 e T5 – POS ER, com cinco concentrações (0, 50, 100, 200 e 400 µL por 100 mL⁻¹ de meio de cultura) e quatro repetições por tratamento.

Em frascos Erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 35 mL do meio de cultura à base de extrato de malte comercial (30 g L⁻¹) e submetidos à autoclavagem a 121 °C e 1 atm por 30 minutos. Após o resfriamento, um disco micelial de 6 mm do inoculante foi transferido, por isolado de fungo comestível, por tratamento e por repetição. No tratamento testemunha (T1), não foi adicionado o isolado fúngico.

O cultivo foi realizado em incubadora BOD a 27 ± 1 °C com fotoperíodo de oito horas de luz durante 17 dias. Após este período, foi realizada a filtragem com auxílio de papel de filtro previamente autoclavado, para separação da biomassa micelial do meio de cultura, em câmara asséptica, para obtenção do filtrado fúngico. Os filtrados fúngicos foram armazenados em frascos com tampa previamente autoclavados e conservados em geladeira.

Para avaliação do controle do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. (ALT), os filtrados dos tratamentos (T1 a T5) foram adicionados ao meio de cultura líquido BDA comercial, autoclavado e resfriado à temperatura de aproximadamente 50 ± 3 °C. Após a solidificação do meio de cultura, um disco micelial de 6 mm de diâmetro do fungo ALT foi transferido para o centro da placa de Petri. O cultivo foi realizado em incubadora BOD a 27 ± 1 °C com fotoperíodo de oito horas de luz durante 17 dias.

As variáveis analisadas foram: diâmetro micelial, porcentual de inibição do diâmetro micelial, velocidade de crescimento micelial, porcentual de inibição da velocidade de crescimento micelial.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e nos casos em que houve significância foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DO FUNGO *Alternaria* sp. POR ISOLADOS DE *Pleurotus* spp.

Sandargo *et al.* (2019) e Lin *et al.* (2019) mencionaram que os basidiomicetos, como os fungos comestíveis ou de podridão branca, produzem vários metabólitos secundários como a pleuromutilina, as estrobilurinas e os terpenoides com ação antimicrobiana “in vitro”.

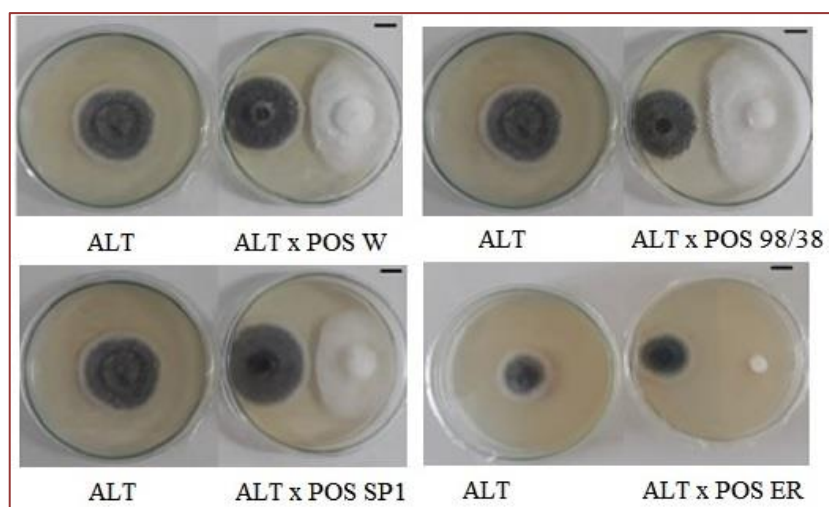
Neste trabalho, o basidiomiceto *Pleurotus ostreatus* POS 98/38 reduziu significativamente o diâmetro médio micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. em relação à testemunha ALT e demais tratamentos com os isolados de *Pleurotus* spp. (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1 – Diâmetro e velocidade média de crescimento micelial de *Alternaria* sp. (ALT) cultivado na presença dos isolados de *Pleurotus* spp.

Isolados	Diâmetro médio micelial (cm)	Velocidade média micelial (cm.dia ⁻¹)
ALT - Testemunha	3,34 b*	0,83 a
POS W	3,30 b	0,86 a
POS SP1	3,33 b	0,85 a
POS 98/38	3,03 c	0,80 a
POS ER	3,59 a	0,86 a
CV	4,63	20,15

*Letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1 – Crescimento micelial de *Alternaria* sp. (ALT) cultivado na presença dos isolados de *Pleurotus* spp. (POS W, POS SP1, POS 98/38 e POS ER) no quinto dia de cultivo



Por outro lado, o isolado POS ER de *P. eryngii* foi o único que estimulou o crescimento em diâmetro micelial do fungo ALT. Entretanto, não houve influência dos isolados de *Pleurotus* spp. na velocidade de crescimento do fungo fitopatogênico ALT em comparação à testemunha (Tabela 1).

Considerando o período de incubação observa-se que no tratamento POS 98/38 houve redução significativa do diâmetro micelial do fungo ALT no 3º e no 5º dia de cultivo quando comparado à testemunha. Enquanto o POS ER estimulou o crescimento micelial do fungo fitopatogênico em relação à testemunha no somente no 4º dia de cultivo. O aumento do período de cultivo promoveu incremento significativo no diâmetro micelial do fungo ALT em todos os tratamentos, cujos dados foram ajustados ao modelo de regressão linear (Tabela 2).

Tabela 2 - Diâmetro e velocidade de crescimento micelial de *Alternaria* sp. (ALT) cultivado na presença dos isolados de *Pleurotus* spp. no 3º, 4º e 5º dia de cultivo

Tratamentos	Diâmetro micelial (cm)			Equação de regressão	R ²
	3º dia	4º dia	5º dia		
ALT- Testemunha	2,5 ab ¹	3,4 b	4,2 a	Linear	1,00** ²
POS W	2,4 bc	3,4 b	4,2 a	Linear	1,00**
POS SP1	2,5 ab	3,3 b	4,2 a	Linear	0,99**
POS 98/38	2,1 c	3,2 b	3,8 b	Linear	0,98**
POS ER	2,7 a	3,7 a	4,4 a	Linear	0,99**
CV = 4,63%					
Tratamento	Velocidade de crescimento micelial (cm.dia ⁻¹)			Equação de regressão	R ²
	3º dia	4º dia	5º dia		
ALT-Testemunha	0,84 a	0,88 a	0,78 ab	Ns	Ns
POS W	0,79 a	1,00 a	0,78 ab	Quadrática	1,00*
POS SP1	0,84 a	0,75 a	0,98 a	Ns	Ns
POS 98/38	0,71 a	1,05 a	0,63 b	Quadrática	1,00*
POS ER	0,90 a	1,00 a	0,67 ab	Quadrática	1,00**
CV = 20,15%					

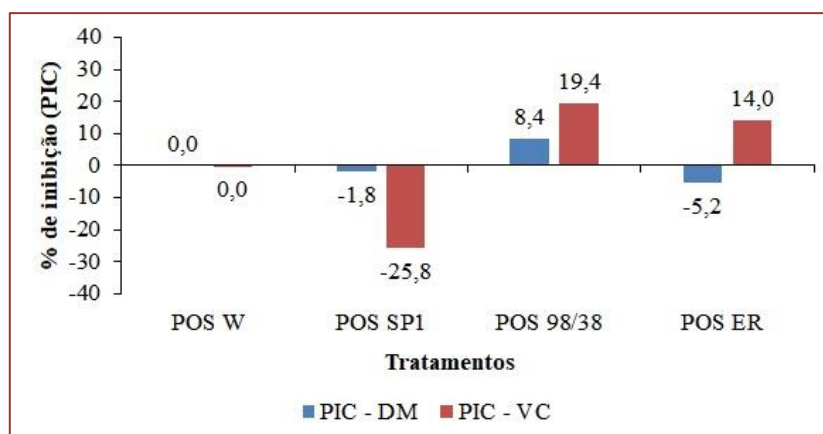
¹ Letras iguais, na coluna, não diferem entre si a pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade;

² (Ns) = não significativo pelo Teste t; (**) = significativo a 1% de probabilidade pelo Teste t; (*) = significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t

Na velocidade de crescimento do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp., não houve diferença significativa entre os tratamentos no 3º, 4º e 5º dia de cultivo. Da mesma forma, o aumento do período de cultivo não influenciou na velocidade de crescimento do fungo *Alternaria* nos tratamentos ALT-testemunha e POS SP1, cujos dados não foram ajustados a nenhum modelo de regressão. Por outro lado, o aumento do período de cultivo de até cinco dias influenciou na velocidade de crescimento do fungo ALT nos tratamentos POS W, POS 98/38 e POS ER, cujos dados foram ajustados à regressão quadrática (Tabela 2).

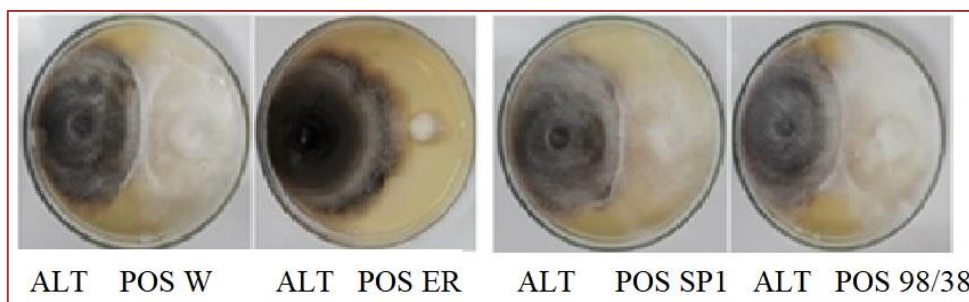
Na variável PIC (Porcentagem de inibição do crescimento) do diâmetro micelial (PIC-DM) tem-se que no quinto dia de cultivo, o POS W não inibiu o diâmetro e a velocidade de crescimento do fungo ALT, mas o POS SP1 estimulou o crescimento nas duas variáveis estudadas. No POS 98/38, o diâmetro micelial e a velocidade de crescimento do fungo ALT apresentaram redução de 8,4% e 19,4%, respectivamente. E no POS ER, o diâmetro micelial do fungo ALT aumentou 5,2%, mas reduziu 14,0% na velocidade de crescimento, o que poderá influenciar na incidência da doença em campo (Figura 2).

Figura 2 – Percentagem de inibição (PIC) do diâmetro micelial (PIC-DM) e da velocidade de crescimento (PIC-VC) do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. (ALT) na presença dos isolados de *Pleurotus* spp. (POS W, POS SP1, POS 98/38 e POS ER) em meio de cultura no 5º dia de cultivo em relação aos valores obtidos no tratamento testemunha (ALT)*



*Valores médios positivos = inibição do crescimento micelial; e negativos = estimulam o crescimento micelial.

Após 76 dias de cultivo, todos os isolados de *Pleurotus* spp. (POS W, POS SP1 e POS 98/38) apresentaram crescimento micelial sobre o fungo *Alternaria* sp. (Figura 3), que em condições de campo pode interferir na sobrevivência do fungo fitopatogênico, devido a competição por nutrientes e/ou liberar substâncias antimicrobianas, capazes de inibir o crescimento de fungos e bactérias fitopatogênicos, tal como citado por Kaur *et al.* (2016).

Figura 3 – Crescimento micelial do fungo ALT de *Alternaria* sp. cultivado com isolados de *Pleurotus* spp. após 76 dias

De forma geral, a ação dos isolados de fungos comestíveis testados deve ser avaliada a longo prazo, pois verificou-se que o tempo de cultivo pode influenciar na inibição do crescimento do fungo fitopatogênico, fato este ainda não encontrado na literatura. Este comportamento pode estar correlacionado ao fato de que o fungo necessita de um período de adaptação ao meio de cultivo, bem como para produzir metabólitos secundários voláteis ou não, os quais podem atuar na inibição do micélio a depender da interação microbiana.

3.2. INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL DO FUNGO *Alternaria* sp. POR FILTRADOS DO MEIO DE CULTIVO DOS ISOLADOS DO *Pleurotus* spp.

Em relação ao tratamento ALT-Testemunha, os filtrados do meio de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp. não inibiram o crescimento do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp., avaliado pelo diâmetro micelial, nas concentrações de 0, 50, 100 e 400 μL por 100 mL^{-1} do meio. Na concentração de 200 μL por 100 mL^{-1} de meio, os filtrados de POS W, POS SP1 e POS 98/38 de *Pleurotus ostreatus* estimularam o crescimento, em diâmetro, do fungo ALT (Tabela 3).

Tabela 3 – Diâmetro micelial (cm) e velocidade de crescimento micelial ($\text{cm}\cdot\text{dia}^{-1}$) do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. (ALT) cultivado com 0, 50, 100, 200 e 400 μL do filtrado do meio de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp. por 100 mL^{-1} de meio BDA, após quatro dias de incubação

Tratamentos	Diâmetro micelial (cm)					Equação de regressão	R ²
	0	50	100	200	400		
ALT-Testemunha	3,83 a	3,76 a	3,70 ab	3,53 b	3,63 a	Quadrática	0,93*
POS W	3,83 a	3,76 a	3,85 a	3,93 a	3,63 a	Quadrática	0,80*
POS SP1	3,83 a	3,66 a	3,75 ab	3,87 a	3,64 a	Ns	Ns
POS 98/38	3,83 a	3,74 a	3,58 b	3,86 a	3,83 a	Ns	Ns
POS ER	3,83 a	3,61 a	3,62 ab	3,59 b	3,64 a	Ns	Ns
CV = 5,87%							
Tratamentos	Velocidade de crescimento ($\text{cm}\cdot\text{dia}^{-1}$)					Equação de regressão	R ²
	0	50	100	200	400		
ALT-Testemunha	1,19 a	0,99 ab	0,89 a	0,86 a	0,88 ab	Linear	0,52*
POS W	1,18 a	0,83 b	0,95 a	0,90 a	0,70 b	Linear	0,63*
POS SP1	1,05 a	0,91 ab	0,93 a	0,94 a	0,85 ab	Ns	Ns
POS 98/38	1,15 a	1,06 a	0,96 a	0,94 a	0,93 a	Ns	Ns
POS ER	1,13 a	0,93 ab	0,99 a	0,93 a	0,96 a	Ns	Ns
CV = 9,59%							

¹ Letras iguais, na coluna, não diferem entre si a pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade;

² (Ns) = não significativo pelo Teste t; (*) = significativo a 5% de probabilidade pelo Teste t

No tratamento ALT-Testemunha, em que o filtrado adicionado ao meio BDA foi apenas o meio de extrato de malte sem inoculação fúngica dos isolados de *Pleurotus* sp., o aumento da concentração do filtrado estimulou significativamente o incremento no diâmetro micelial do fungo ALT, cujos dados foram ajustados à regressão quadrática, ou seja, o filtrado do meio à base de extrato de malte interferiu no crescimento do fungo fitopatogênico ALT. O mesmo comportamento foi observado no tratamento com o filtrado do fungo POS W (Tabela 3).

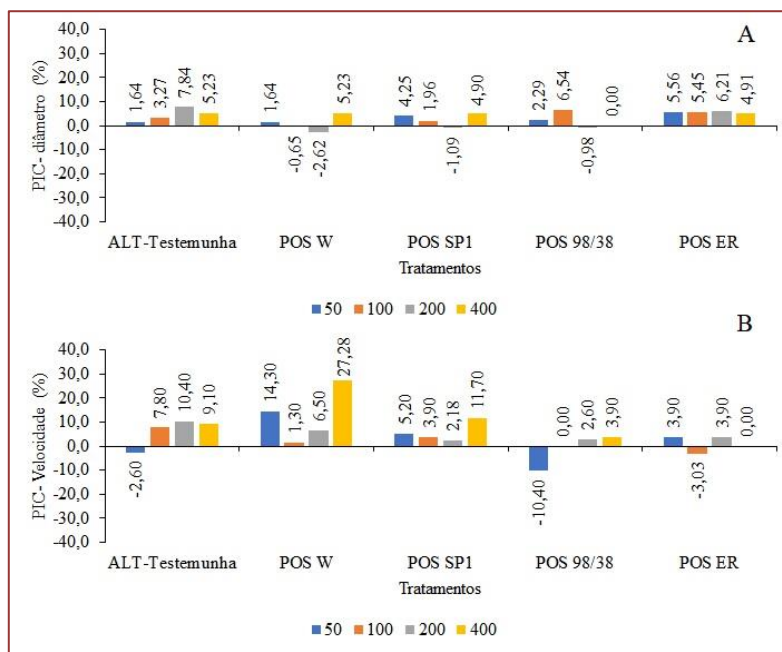
Este resultado deve-se ser decorrente da adaptação do isolado fúngico ao novo meio de cultura, uma vez que o fungo ALT havia sido multiplicado em meio BDA, cuja adição do meio de cultivo à base de extrato de malte pode ter influenciado na adaptação fisiológica, o que justificaria a redução do crescimento com o aumento da concentração do filtrado do meio, tal como observado por Silva e Melo (1999) durante o cultivo de *A. alternata* em diferentes meios de cultura.

O aumento da concentração do filtrado do meio de cultivo dos isolados POS SP1, POS 98/38 e POS ER não influenciou no diâmetro micelial do fungo *Alternaria* sp., cujos dados não foram ajustados a nenhum modelo de regressão (Tabela 3).

Na velocidade de crescimento, o emprego dos filtrados do meio de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp., nas concentrações de 0 a 400 μL por 100 mL^{-1} de meio, não inibiu o crescimento do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp., quando comparado ao tratamento ALT-Testemunha. Entretanto, o aumento da concentração do filtrado do meio à base de extrato de malte, no tratamento ALT-testemunha, reduziu a velocidade de crescimento do fungo ALT, cujos dados foram ajustados à regressão linear. O mesmo comportamento foi observado com o emprego do filtrado do meio de cultivo do fungo POS W, na velocidade de crescimento do fungo *Alternaria* sp. O aumento da concentração dos filtrados dos meios de cultivo de POS SP1, POS 98/38 e POS ER não interferiu na velocidade de crescimento do fungo *Alternaria* sp., cujos dados não foram ajustados a nenhum modelo de regressão (Tabela 3).

Considerando o PIC do diâmetro, o crescimento micelial do fungo *Alternaria* sp. no tratamento ALT-Testemunha apresentou redução de 1,64 a 7,84% com 50 a 400 μL por 100 mL^{-1} de meio (Figura 4A). Enquanto na velocidade de crescimento, a inibição do crescimento micelial foi observada a partir da concentração de 100 por 100 mL^{-1} de meio neste tratamento (ALT-Testemunha (Figura 4B).

Figura 4 – Percentagem de inibição (PIC) do diâmetro micelial (PIC-DM) e da velocidade de crescimento (PIC-VC) do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. (ALT) na presença dos filtrados do meio de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp. com 50, 100, 200 e 400 μL por 100 mL^{-1} , após quatro dias de cultivo em relação aos valores obtidos no tratamento testemunha (ALT), na concentração de 0 μL por 100 mL^{-1} do meio de extrato de malte, sem inoculação fúngica



*Valores médios positivos = inibição do crescimento micelial; e negativos = estimulam o crescimento micelial

No tratamento POS W, as concentrações de 50 e de 400 por 100 mL^{-1} de meio apresentaram PIC-diâmetro de 1,64% e 5,23%, respectivamente, o que representam inibição do crescimento do fungo *Alternaria* sp. Por outro lado, a adição de 100 e 200 por 100 mL^{-1} de meio do filtrado do meio de POS W estimulou o crescimento do fitopatógeno avaliado pelo PIC do diâmetro (Figura 4A). Neste tratamento, a taxa de PIC da velocidade de crescimento do fungo *Alternaria* sp, variou de 1,30 a 17,28% com 50 a 400 por 100 mL^{-1} de meio do filtrado do meio de cultivo do POS W (Figura 4B).

O uso filtrado do meio de cultivo do POS SP1 resultou PIC do diâmetro de 1,96% a 4,15%, com 50 a 400 por 100 mL^{-1} de meio, mas deve-se ressaltar que o filtrado do meio de cultivo deste isolado fúngico com 200 por 100 mL^{-1} de meio estimulou o crescimento do fungo *Alternaria* sp. (Figura 4A). Enquanto, no PIC da velocidade de crescimento todas as concentrações testadas do filtrado do meio de cultivo do POS SP1 inibiram o crescimento micelial da *Alternaria* sp. (Figura 4B).

No tratamento POS 98/38, o PIC do diâmetro micelial do fungo *Alternaria* sp. apresentou redução de 2,29% e 6,54% com 50 e 100 por 100 mL^{-1} de meio, mas com 200 por 100 mL^{-1} de meio estimulou o crescimento micelial em 0,98%. Não houve influência do filtrado do POS 98/38 no PIC do diâmetro da *Alternaria* sp. com 400 por 100 mL^{-1} de meio (Figura 4A). No PIC da velocidade de crescimento, o filtrado do meio de cultivo do POS 98/38 apresentou inibição do crescimento de 2,6% e 3,9% com 200 e 400 por 100 mL^{-1} de meio, respectivamente (Figura 4B).

O emprego do filtrado do POS ER resultou em valores de PIC do diâmetro de 4,90 a 6,21% com 50 a 400 por 100 mL⁻¹ de meio (Figura 4A). Neste tratamento, o PIC da velocidade de crescimento do fungo *Alternaria* variou de -3,03 (100 por 100 mL⁻¹ de meio) a 3,90% com 50 e 200 por 100 mL⁻¹ de meio (Figura 4B).

De forma geral, todos os filtrados do meio de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp. promoveram a redução do crescimento micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. avaliado pelo diâmetro micelial e pela velocidade de crescimento.

Na literatura, a ação biofúngica do basidiomiceto *Pleurotus* spp. foi avaliada com o uso de extratos do substrato da produção do cogumelo comestível contra *Aspergillus* sp. (YEHIA, 2014) ou do extrato do cogumelo contra *Pythium* e *Verticillium* (OWAID *et al.*, 2017). Comparativamente, o uso do filtrado do meio de cultivo utilizado neste trabalho, reduz o tempo de obtenção do princípio do biofúngica quando comparado aos trabalhos que utilizam extrato do cogumelo ou do substrato de produção do fungo, pois não há necessidade de produzir o cogumelo.

Em relação ao mecanismo de ação do *Pleurotus* spp. contra fitopatógenos, Ruiz-Dueñas e Martínez (1996) mencionaram que os fungos *Trametes versicolor* e *Pleurotus eryngii* foram efetivos no controle do *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raça 2, pela atividade da enzima beta-(1,3) glucanase, a qual degrada a glucana presente na parede celular deste patógeno. Por sua vez, Chu *et al.* (2005) observaram que o cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* produziu uma proteína denominada de Pleurostrina, que inibiu o crescimento micelial dos fungos fitopatogênicos *Fusarium oxysporum* e *Mycosphaerella arachidicola*. Enquanto Owaid *et al.* (2017) mencionaram que a ação antifúngica do extrato dos cogumelos *Pleurotus ostreatus* e *P. florida* ocorreu devido a atividade da quitinase e da protease contra os fungos fitopatogênicos *Pythium* sp. e *Verticillium* sp. O cogumelo *Clitopilus passeckerianus* (= *Pleurotus passeckerianus*) e *Pleurotus mutilus* também apresentaram ação antibacteriana devido a síntese de um metabólito secundário denominado de pleuromutilina, responsável pela inibição da síntese de proteínas específicas (SANDARGO *et al.*, 2019; LIN *et al.*, 2019).

Todavia, não foram encontrados relatos até o presente do controle do fungo *Alternaria* sp. pelo *Pleurotus* spp., bem como quais compostos estão presentes nos filtrados do meio de cultivo deste basidiomiceto. Desta forma, é importante dar continuidade a esta pesquisa, com o intuito de identificar as substâncias sintetizadas pelos isolados *Pleurotus* spp. testados e capazes de inibir ou estimular o crescimento de *Alternaria* sp., bem como avaliar a atividade antimicrobiana dos basidiomicetos também "in vivo", pois a depender da interação do inoculante com a microbiota do solo pode interferir na eficiência do controle pelo basidiomiceto de fitopatógenos, tal como observado por Santos *et al.* (2018) no controle do nematoide formador de galhas pelo basidiomiceto *Lentinula edodes*, em campo.

4. CONCLUSÕES

O aumento do período de cultivo dos isolados de *Pleurotus* spp. influencia no controle do fungo *Alternaria* sp.

Os isolados de *Pleurotus* spp. necessitam de três a cinco dias de cultivo para iniciar a inibição do fungo *Alternaria* sp., a depender do isolado.

O uso do filtrado do meio de cultura representa uma alternativa para obtenção do princípio ativo visando o controle de fitopatógenos.

O PIC da velocidade de crescimento pode ser utilizado como um indicador na seleção de fungos visando o controle de fitopatógenos.

Os isolados POS W e POS SP1 apresentam potencial no controle de *Alternaria* sp. na concentração de 400 $\mu\text{L} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ de meio de cultura.

REFERÊNCIAS

- [1] ALEXANDRE, T. R.; LIMA, M. L.; GALUPPO, M. K.; MESQUITA, J. T.; NASCIMENTO, M. A.; SANTOS, A. L.; SARTORELLI, P.; PIMENTA, D. C.; TEMPONE, A. G. Ergosterol isolated from the basidiomycete *Pleurotus salmoneostramineus* affects *Trypanosoma cruzi* plasma membrane and mitochondria. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases, Botucatu*, v.23, n.30, p.1-10, jul. 2017.
- [2] BAIG, M. N.; SHAHID, A. A.; ALI, M. In vitro assessment of extracts of the Lingzhi or Reishi medicinal mushroom, *Ganoderma lucidum* (Higher Basidiomycetes) against different plant pathogenic fungi. *International Journal of Medicinal Mushrooms, Haifa*, v.17, n.4, p.407-411, jan. 2015.
- [3] CHU, K.T.; XIA, L.; NG, T.B. Pleurostrin, an antifungal peptide from the oyster mushroom. *Peptides, New York*, v.26, n.11, p.2098-2103, jun. 2005.
- [4] DOMINGUES, R. J.; YOUNG, M. C. M.; TÖFOLI, J. G.; MATHEUS, D. R. Avaliação do potencial antifúngico de extratos de plantas e de basidiomicetos nativos sobre *Colletotrichum acutatum*, *Alternaria solani* e *Sclerotium rolfsii*. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.37, n.3, p.149-151, jul./set, 2011.
- [5] FIGUEIREDO, A.; SILVA, A. C. Atividade “in vitro” de extratos de *Pycnoporus sanguineus* e *Lentinus crinitus* sobre o fitopatógeno *Fusarium* sp. *Acta Amazonica, Manaus*, v.44, n.1, p.1-8, jan./mar. 2014.
- [6] KAUR, H.; NYOCHEMBENG, L. M.; MENTREDDY, S. R.; BANERJEE, P.; CEBERT, E. Assessment of the antimicrobial activity of *Lentinula edodes* against *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Crop Protection, New York*, v.89, n.1, p.284-288, nov. 2016.
- [7] KOBAYASHI, B.F.; AMARAL, D.R. Efeito de extratos vegetais de plantas do Cerrado para controle de pinta-preta em tomateiro. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.44, n.2, p.182-192, abr./jun, 2018.
- [8] LIN, H. C.; HEWAGE, R. T.; LU, Y. C.; CHOOI, Y.H. Biosynthesis of bioactive natural products from Basidiomycota. *Organic & Biomolecular Chemistry, [s.l.]*, v.17, n.5, p.1027-1036, jan. 2019.
- [9] OWAID, M. N.; AL-SAEEDI, S. S. S.; AL-ASSAFFII, I. A. A. A atividade anti-fúngica de cogumelos de ostra cultivado em várias agro-resíduos. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.43, n.1, p.09-13, jan./mar. 2017.
- [10] PICCINI, E.; DI PIERO, R.M.; PASCHOLATI, S.F. Cogumelo “shiitake” (*Lentinula edodes*) reduz o crescimento de fitopatógenos e a severidade de manchas foliares em sorgo. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.36, n.1, p.68-72, jan./mar, 2010.
- [11] REIS, E.M; REIS, A.C.; ZANATTA, M. Reflexo econômico e desenvolvimento da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas em função do número de aplicações. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.44, n.3, p.289-292, jul./set 2018.
- [12] RUIZ-DUEÑAS, F.J.; MARTÍNEZ, M.J. Enzymatic activities of *Trametes versicolor* and *Pleurotus eryngii* implicated in biocontrol of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Current Microbiology, s.l.*, v.32, n.3, p.151-155, mar. 1996.
- [13] SANDARGO, B.; CHEPKIRUI, C.; CHENG, T.; CHAVERRA-MUÑOZA, L.; THONGABAI, B.; STADLER, M.; HÜTTEL, S. Biological and chemical diversity go hand in hand: Basidiomycota as source of new pharmaceuticals and agrochemicals. *Biotechnology Advances, [s.l.]*, v. 37, n, 6, artigo 107344, p.1-33, nov. 2019.
- [14] SANTOS, J. F. S.; TEIXEIRA, J. L.; SANTOS, J. S.; MENDONÇA, J. J.; SANTOS, T. A. C.; GOIS, L. S.; LOPES, L. J. O.; SOUZA, A. L.; MARINO, R. H. Interação microbiana e fertilizante Protector® NM no controle de *Meloidogyne incognita*. *Scientia Plena, São Cristóvão*, v.14, n.11, p. 1-9, nov. 2018.

- [15] SILVA, C. M.; MELO, I. S. Requisitos nutricionais para o fungo *Alternaria alternata*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.3, p.499-503, mar. 1999.
- [16] SILVA, R.F.; PASCHOLATI, S.F.; BEDENDO, I.P. Indução de resistência em plantas de berinjela por *Lentinula edodes* e *Agaricus blazei* contra *Ralstonia solanacearum*: aspectos bioquímicos e biomassa vegetal. Summa Phytopathologica, Botucatu, v.34, n.2, p.137-144, abr./jun, 2008.
- [17] SOLINO, A.J.S.; OLIVEIRA, J.B.S.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; MARIANNA, S.R. A.; RIBEIRO, L. M. Potencial antagonista e controle in vitro de *Alternaria solani* por fungos sapróbios. Summa Phytopathologica, Botucatu, v.43, n.3, p.199, jul./set 2017.
- [18] YEHA, R. S. Aflatoxin detoxification by manganese peroxidase purified from *Pleurotus ostreatus*. Brazilian Journal of Microbiology, São Paulo, v.45, n.1, p.127-133, jan./mar. 2014.

Capítulo 11

Biorremediação de detergentes por fungos comestíveis: Revisão de literatura

David Patrick Almeida Correia

Michele Santos de Jesus

Leonel Bismarck Belo Pereira

Regina Helena Marino

Resumo: A revisão sistemática é uma ferramenta importante na atualização da pesquisa em estudo, bem como possibilita identificar áreas ainda pouco exploradas e que podem contribuir para o desenvolvimento do país. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre trabalhos relacionados com o potencial biorremediador de basidiomicetos na degradação de detergentes no período de 2016 a 2021 em bases nacional e internacional. Foram encontrados 205 trabalhos com os descritores selecionados, mas após a leitura somente 37 documentos estavam correlacionados com a degradação de poluentes e basidiomicetos e o restante foi excluído por estar fora do tema, por serem artigos de revisão ou resumo. Nesta revisão foi demonstrada a capacidade de 33 espécies de basidiomicetos em degradar diversos poluentes e o potencial dos fungos *Trametes sp.*, *Trametes versicolor*, *Trametes máxima*, *Pleurotus sp.*, *Pleurotus eryngii*, *Coriolopsis gálica*, *Coriolopsis trogii*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Bjerkandera adusta*, *Ganoderma carnosum* e *Gloeophyllum trabeum* em degradar diferentes corantes. Não foram encontrados artigos que relatassem a capacidade de basidiomicetos em degradar detergentes, o que demonstra uma área de pesquisa a ser explorada com o intuito de promover a descontaminação ambiental causada por estes produtos.

Palavras-chave: Basidiomicetos; poluentes; biotecnologia ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Em 2019, o segmento de limpeza caseira teve como destaque em crescimento a fabricação dos detergentes para lavar louças, cuja produção de 487.329 mil litros correspondeu a 1,6 milhões de reais. Outros produtos saneantes domissanitários como os detergentes para lavar roupas (em pó e em líquido) e em barra geraram 5,9 milhões e 964 mil de reais, respectivamente (ABIPLA, 2020).

O detergente é um produto tensoativo aniônico composto por aditivos como cloreto de sódio, amidas, ácido sulfônico, soda cáustica, corantes, essências, formol e água, que em conjunto influenciam na capacidade de limpeza das superfícies, no brilho, na transparência, na cor, no cheiro e na viscosidade do produto comercial (PINTO *et al.*, 2018).

No ambiente, os detergentes podem causar poluição e mortalidade de animais. A título de exemplo, Nkpondion *et al.* (2016) notaram que o detergente comercial Ariel à base de alquibenzeno sulfonato linear (LAS) promoveu mudança no comportamento dos peixes *Clarias gariepinus*, tais como: na alimentação e na locomoção, na perda de coloração e do equilíbrio, além de poder causar danos aos órgãos e interferir nos processos enzimáticos tornando-os mais vulneráveis a doenças e ocasionar a morte. Desta forma, é importante que os tensoativos sejam biodegradáveis (ANVISA, 2006).

Caetano *et al.* (2019) verificaram que o detergente líquido concentrado para lavar roupas foi degradado *in vitro* por 90% por micro-organismos do solo após nove dias cultivo, o qual pode ser considerado um produto biodegradável. Todavia, os produtos saneantes domissanitários considerados biodegradáveis podem causar impactos ambientais, devido a liberação de nutrientes em corpos hídricos e promover a eutrofização (SOUZA *et al.*, 2017), o que compromete a qualidade da água para o consumo humano e aumenta o custo necessário para o tratamento (ANDRADE *et al.*, 2020). Machado *et al.* (2016) também notaram a eutrofização do reservatório Guarapiranga – São Paulo, caracterizada pelo alto teor de amônio e pelo crescimento da biomassa de cianobactérias, as quais podem produzir cianotoxinas e intensificar o processo de eutrofização dos reservatórios a depender das condições ambientais.

Na natureza há diversos micro-organismos capazes de degradar compostos sintéticos, dentre estes os fungos pertencentes ao Filo Basidiomicota podem ser uma alternativa ecológica para a biorremediação dos detergentes, pois apresentam diversas enzimas capazes de degradar diferentes compostos xenobióticos (BALLAMINUT *et al.*, 2019).

Santos *et al.* (2019) destacaram que a liberação de lacase pelo *Pleurotus ostreatus* promoveu a degradação do repelente dietiltoluamida em 39% e Menezes e Barreto (2015) mostraram que o *Pleurotus sp.* BCCB068 foi capaz de degradar a matriz de carboximetilcelulose devido à liberação de enzimas hidrolíticas, tais como: avicelase, carboximetilcelulase, β -glicosidase, lacase, manganês peroxidase e xilanase. A carboximetilcelulose também pode ser utilizada na formulação de detergentes ecológicos com eficiência na capacidade de limpeza (ABE *et al.* 2018).

A produção de enzimas fúngicas pode ser afetada por diversos fatores, tais como: a agitação, a morfologia do fungo, o pH do meio, a aeração, a temperatura, a fonte de nitrogênio e carbono, a concentração desses nutrientes, a razão C/N e o período de cultivo (PEDRI *et al.*, 2015; SCHNEIDER *et al.* 2018).

Uma das formas de selecionar basidiomicetos com potencial biorremediador de detergentes é através de bioensaios preliminares com corantes sintéticos, pois as enzimas

fúngicas excretadas podem promover a descoloração do meio e facilitar a identificação de isolados degradadores de xenobióticos.

Segundo Bergsten-Torralba *et al.* (2016), o isolado INCQS 40220 de *Lentinula edodes* degradou 100% a mistura dos corantes vermelho reativo 198, azul reativo 214 e azul reativo 21 após 14 dias e reduziu sua genotoxicidade em 61%. Da mesma forma, o isolado CCIBt2347 de *Pleurotus ostreatus* também foi capaz de descolorir o corante aniônico, azul reativo 222 (BALLAMINUT *et al.*, 2019), bem como o isolado PS de *Pycnoporus sanguineus* degradou o corante azul de metileno em meio sólido e líquido (MENEZES *et al.*, 2017).

Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre trabalhos (nacionais e internacionais) relacionados com o potencial biorremediador de basidiomicetos na degradação de detergentes no período de 2016 a 2021, com intuito de promover a descontaminação ambiental.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em quatro etapas: a) busca por documentos de acordo com os descritores previamente estabelecidos; b) seleção com base em critérios de exclusão e inclusão; c) levantamento de dados sobre os documentos selecionados; e d) tabulação e discussão dos dados.

A busca dos documentos foi realizada nos bancos de dados Scielo e Periódico da Capes no período entre 2016 e 2021 nos idiomas português e inglês. Foram utilizados os descritores específicos “basidiomicetos e degradação de detergente” e “basidiomycetes and detergent degradation” com intuito de selecionar documentos correlacionados com estudos sobre a degradação de produtos saneantes domissanitários e os descritores gerais “basidiomicetos e degradação de poluentes” e “basidiomycetes and pollutant degradation” para avaliar documentos correlacionados com o estudo de basidiomicetos na degradação de diversos xenobióticos.

Os artigos de revisão de literatura, as monografias, as teses, as dissertações, os resumos, os artigos repetidos e os artigos não correlacionados com o emprego de basidiomicetos na biorremediação foram excluídos com base na leitura completa dos trabalhos ou do resumo, quando o arquivo completo não estava disponível.

Nos documentos selecionados foram coletadas as seguintes informações: país e continente no qual a pesquisa foi realizada; local do bioensaio (laboratório, estufa, casa de vegetação ou campo); revista de publicação; e a palavra mais recorrente no artigo para construção da nuvem de palavras. As informações foram tabuladas em uma planilha Excel e os dados que não foram possíveis de serem encontrados receberam a marcação de sem identificação (SI).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Periódicos da Capes foram encontrados 115 documentos ao utilizar os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” e 90 documentos com “basidiomycetes and detergent degradation”. Na busca realizada no Periódico da Capes com os descritores em língua portuguesa e na base de dados Scielo com os descritores em ambos os idiomas, não foram encontrados artigos.

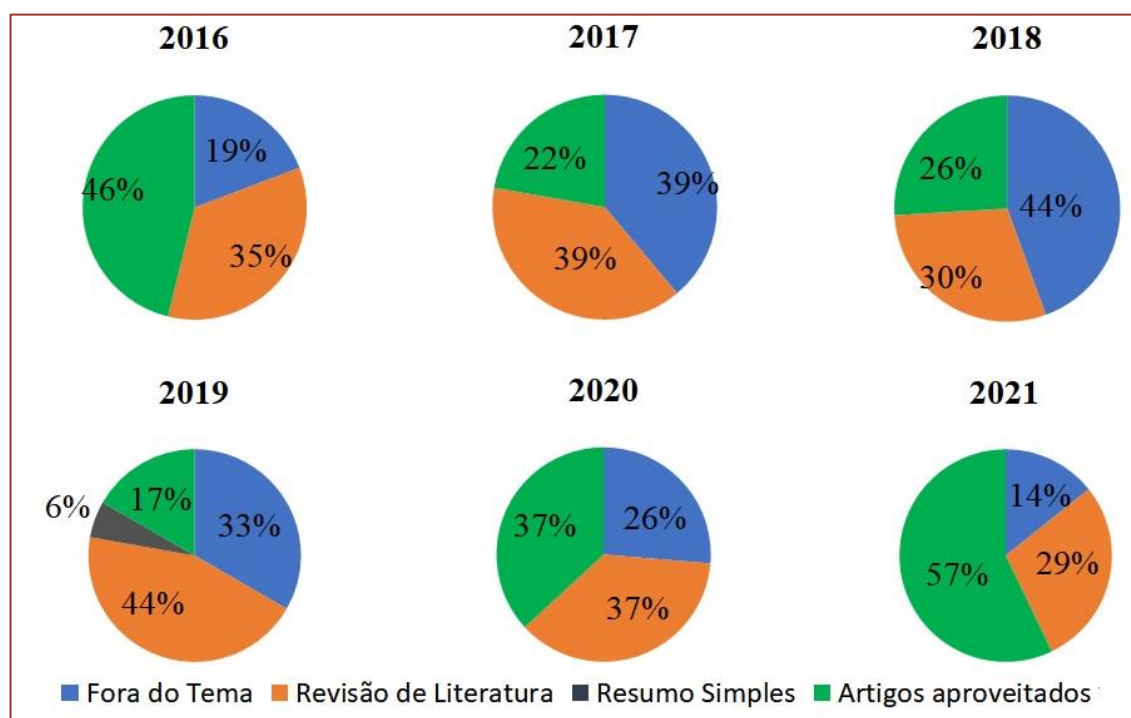
Na leitura dos 90 documentos encontrados com os descritores “basidiomycetes and detergent degradation” foi observado que os trabalhos não estavam correlacionados ao emprego de basidiomicetos na degradação de detergentes ou de outros produtos domissanitários e todos documentos foram excluídos.

Na pesquisa com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” dos 115 documentos encontrados 26 foram publicados em 2016, 18 em 2017, 27 em 2018, 18 em 2019, 19 em 2020 e 7 em 2021. O menor número de documentos encontrados no ano 2021 deve-se ao fato de que a pesquisa foi realizada até junho/2021.

Dos 115 documentos encontrados, 37 trabalhos estavam correlacionados com a degradação de poluentes e basidiomicetos (32,2%) e o restante foi excluído por estar fora do tema (36 documentos; 31,3%), por serem artigos de revisão de literatura (41 documentos; 35,7%) e um documento por ser resumo simples (0,9% dos trabalhos encontrados).

Nesta pesquisa, nos documentos encontrados diretamente correlacionados com o tema da pesquisa, foram aproveitados 46% e 57% das publicações nos anos de 2016 e 2021, respectivamente. Em relação aos documentos excluídos notou-se que a maior porcentagem de revisões de literatura foi em 2019 (44%); em 2018 houve maior porcentagem de trabalhos “fora do tema” (44%) e resumos simples foram encontrados apenas em 2019 (Figura 1).

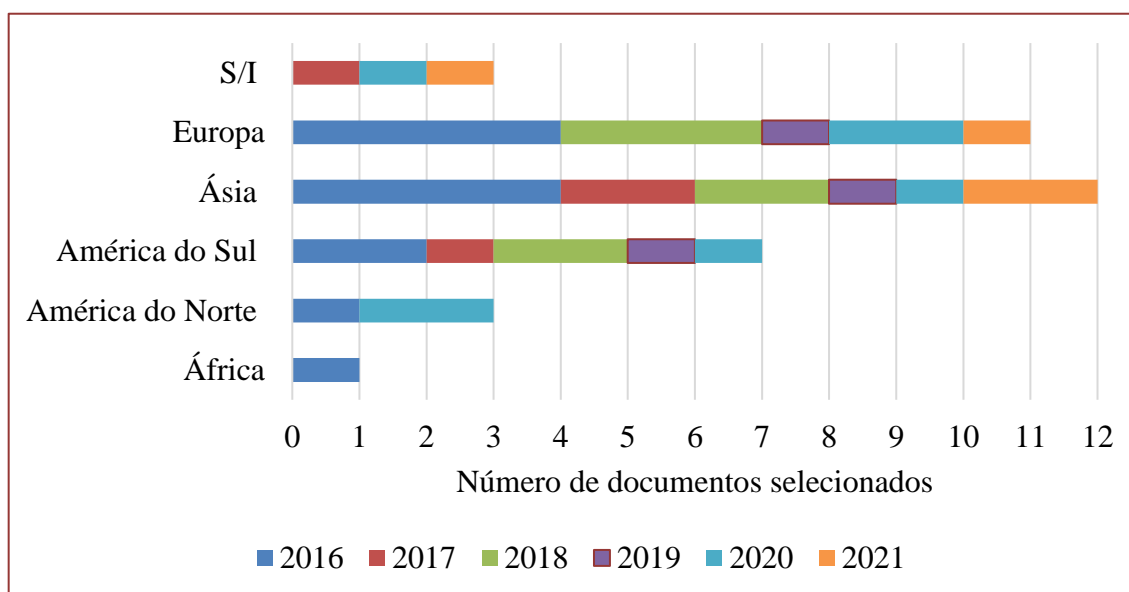
Figura 1 - Porcentagem de documentos selecionados e excluídos com base na pesquisa nos Periódicos da Capes com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” por período de estudo



Em relação ao local onde a pesquisa foi realizada tem-se que 32,4% foram na Ásia, 29,7% na Europa, 18,9% na América do Sul, 8,1% na América do Norte e 2,7% na África. Em 8,1% dos documentos selecionados não foi possível identificar o local de realização da pesquisa (S/I), pelo fato do acesso completo ao documento não estar disponível para a leitura.

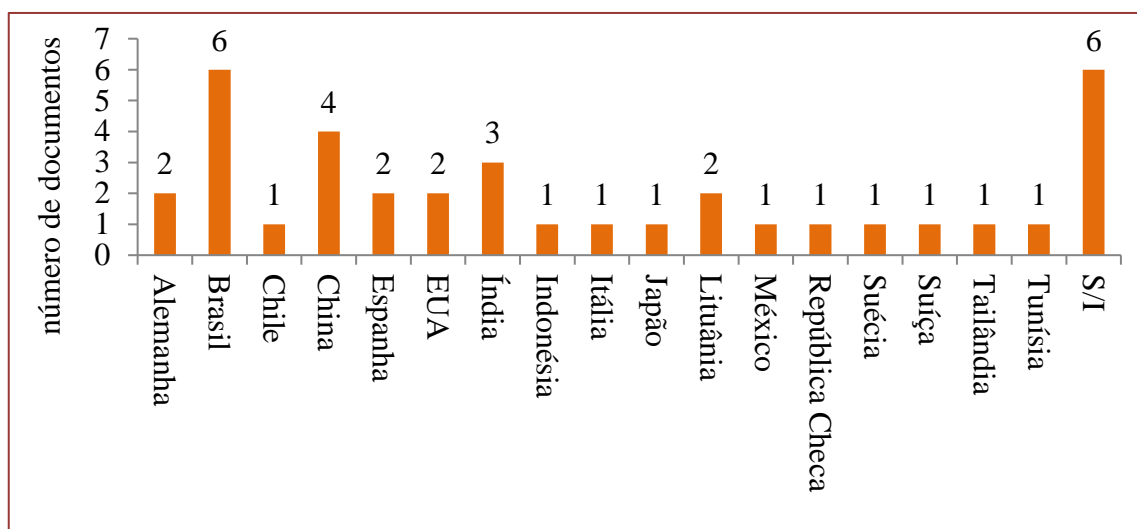
Na avaliação dos documentos selecionados por ano de publicação, a maior quantidade de pesquisas realizadas na Europa e na Ásia foi em 2016 (4 documentos por continente). Em 2017 e 2021, o número de pesquisas realizadas na Ásia (2 documentos por ano) foi superior aos anos de 2019 e 2020 (1 documento por ano). Em 2018 foram selecionados três documentos publicados na Europa, enquanto na América do Sul e na Ásia foram encontrados apenas dois documentos. Na África foi encontrada apenas um documento publicado em 2016. Na América do Norte foram selecionados dois documentos em 2020 e um em 2016. Não houve publicação com os descritores utilizados na América do Sul e na Europa nos anos de 2021 e 2017, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 – Número de documentos selecionados com base na pesquisa nos Periódicos da Capes com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” no período de 2016 a 2021 quanto ao local de realização da pesquisa



O Brasil foi o país que mais publicou trabalhos correlacionados com a degradação de poluentes por basidiomicetos, o que correspondeu a 16,2% de todos os documentos selecionados. Em segundo lugar, a China publicou 4 documentos (10,8%) sobre essa temática, seguido pela Índia com 3 documentos (8,1%). Na Alemanha, na Espanha, nos Estados Unidos e na Lituânia foram encontrados apenas dois documentos (4,5%) com o tema pesquisado. E no Chile, na Indonésia, na Itália, no Japão, no México, na República Checa, na Suécia, na Suíça, na Tailândia e na Tunísia foi encontrado apenas um documento com o tema em específico. Em seis documentos não foi possível identificar o país de publicação dos trabalhos devido a impossibilidade de obter o trabalho na íntegra (Figura 3).

Figura 3 – Número de documentos selecionados por país de publicação com base na pesquisa nos Periódicos da Capes com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” no período de 2016/2021



Dentre os 37 trabalhos selecionados com o tema, 22 documentos tiveram seus bioensaios realizados em laboratório (59,5%) e apenas um documento (2,7%) em casa de vegetação. Este resultado demonstra a necessidade de estudos em condições de campo, vez que no ambiente ocorrem diferentes fatores (temperatura, umidade, por exemplo), que podem influenciar na eficiência biorremediadora dos basidiomicetos diferente do que ocorre nas condições controladas de laboratório. Deve-se ressaltar que em 14 documentos (37,8%) não foi possível determinar o local de realização dos bioensaios, pois os artigos completos não estavam disponíveis para leitura.

A palavra mais recorrente de cada artigo selecionado foi utilizada para a elaboração da nuvem de palavras. Nesta pesquisa, as palavras que mais se repetiram foram: degradação, lacase, fungos e fúngico (Figura 4). A palavra “degradação” foi a mais recorrente em oito artigos, “lacase” em cinco artigos e “fungos” e “fúngico” ambos em três artigos.

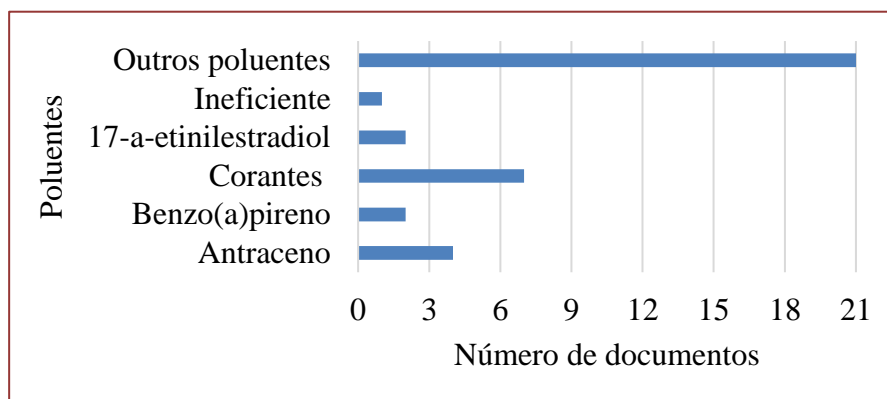
Figura 4 - Nuvem de palavras selecionadas com base na pesquisa nos Periódicos da Capes com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” no período de 2016/2021



Nos documentos selecionados, a ação degradadora dos basidiomicetos foi avaliada em diversos poluentes. Dentre os poluentes tem-se que os basidiomicetos foram eficientes na degradação de corantes (7 documentos) e de antraceno (4 documentos), os quais representam 29,7% dos trabalhos selecionados. E em apenas um documento foi relatada ineficiência na biorremediação por basidiomicetos (Figura 10), vez que Losa e Bindschedler (2018) verificaram a redução do crescimento do fungo *Armillaria mellea* em meio com 0,5 mM de cádmio (Cd) e do fungo *Laccaria bicolor* com 0,1 mM de Cd.

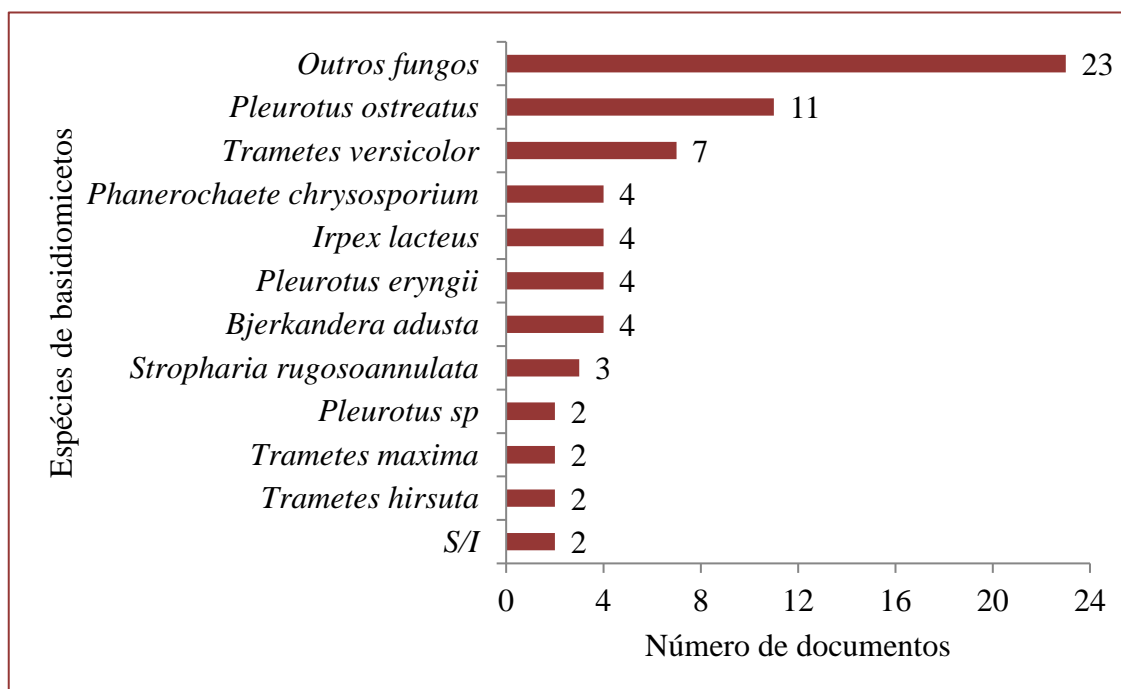
Em 56,7% dos trabalhos selecionados (21 documentos), os basidiomicetos foram capazes também de degradar diversos tipos de poluentes (Figura 5).

Figura 5 – Número de documentos selecionados por tipo de poluente degradado por basidiomicetos com base na pesquisa nos Periódicos da Capes com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” no período de 2016/2021



Nos artigos selecionados foram citadas 33 espécies de basidiomicetos biorremediadores. Dentre as espécies fúngicas citadas tem-se o que o fungo comestível *Pleurotus ostreatus* se destacou por ter sido mencionado em 11 artigos, seguido por *Trametes versicolor* presente em sete trabalhos e os fungos *Bjerkandera adusta*, *Irpex lacteus*, *Pleurotus eryngii* e *Phanerochaete chrysosporium* encontrados em quatro trabalhos (Figura 6).

Figura 6 – Número de documentos por basidiomiceto com potencial biorremediador descrito nos documentos selecionados na pesquisa nos Periódicos da Capes com os descritores “basidiomycetes and pollutant degradation” no período de 2016/2021



Nos trabalhos de Hassan *et al.* (2020) e de Munir *et al.* (2017), as espécies dos basidiomicetos não foram descritas na metodologia. Segundo Hassan *et al.* (2020), o consórcio de basidiomicetos com ascomicetos removeu 52% de níquel e 44% de chumbo do solo. Enquanto Munir *et al.* (2017) relataram que os isolados TB02, TB02K, TB03, TB11 de basidiomicetos foram capazes de crescer em meio contendo 25% de águas residuais da indústria têxtil e que o isolado TB11 na ausência de glucose apresentou a maior taxa de descoloração dos corantes (92%) devido a absorção realizada pelo micélio do fungo.

Os fungos *Pleurotus eryngii* e *P. ostreatus* também foram capazes de colonizar os meios com tricloroetileno (TCE) e removeram 100% este poluente do solo após quatro semanas de cultivo devido à excreção da enzima manganês peroxidase (MAYANS *et al.*, 2021). O cultivo de *P. eryngii* com *Coprinus comatus* também foi capaz de degradar o endossulfan, mas devido a ação da enzima lacase (WANG *et al.*, 2018).

Em relação ao *P. ostreatus*, Araújo *et al.* (2017) destacaram que este fungo inativou e removeu o sulfametoxazol e o trimetoprim em aproximadamente 74% e 40% do meio, respectivamente, após 15 dias de cultivo. E Liu *et al.* (2021) mencionaram que a lacase sintetizada por *P. ostreatus* degradou 2,6-diclorofenol e 2,3,6-triclorofenol isoladamente e/ou em mistura, o que reduz a toxicidade do 2,6-diclorofenol nas sementes de *Oryza sativa*, *Triticum aestivum* e *Mung bean*.

O fungo *P. ostreatus* 3004 CCBAS 278 e *Irpex lacteus* 617/93 também removeram a clorexidina e octenidina devido à bioabsorção e a biotransformação promovida pelas enzimas, principalmente, a manganês peroxidase para o *I. lacteus* e a lacase para o *P. ostreatus* (LINHARTOVÁ *et al.*, 2020). E os basidiomicetos *P. ostreatus* MUT 2976, *Porostereum spadiceum* MUT 1585, *Trametes pubescens* MUT 2400, *Bjerkandera adusta* MUT 3060 e *Bjerkandera adusta* MUT 2295 promoveram a descoloração de efluentes, com

destaque para *P. spadicea* que removeu em 51% a cor dos efluentes em sete dias, mas o cultivo de *Lepidium sativum* e *Raphidocelis subcapitata* aumentou a toxicidade do efluente (SPINA *et al.*, 2018).

Em relação ao hormônio 17- α -etinilestradiol (EE2), Lacerda *et al.* (2019) notaram que o *Pleurotus ostreatus* foi capaz de degradar 79,2% do hormônio em meio com lacase livre. Enquanto Golveia *et al.* (2018) observaram que a lacase excretadas pelo fungo *Pycnoporus sanguineus* removeu em 86,18% o hormônio presente na água residual após 4 h de reação.

O *P. ostreatus* também foi capaz de inibir em 99% o crescimento da bactéria *Escherichia coli* em meio líquido após 96h de cultivo (PINI e GEDDES, 2020), a qual pode ser utilizada na despoluição do esgoto ou tratamento de água.

Tiso *et al.* (2016) verificaram que o *Pleurotus ostreatus* SMR 684, o *Pleurotus sp.* VMU 001, o *Schizophyllum sp.* VMU 002, o *Irpex lacteus* VMU 003 e a *Bjerkandera adusta* VMU 004 foram capazes de tolerar o alcatrão de hulha, um composto à base de por hidrocarbonetos, bases nitrogenadas e fenóis, na concentração de 1 mg mL⁻¹. Por sua vez, Drevinskas *et al.* (2016) relataram que o *Pleurotus eryngii* apresentou potencial de degradar o antraceno e que o *Pleurotus ostreatus* e o *Irpex lacteus* degradaram este poluente em 40% e 60%, respectivamente, após 25 dias de cultivo. Estes autores ainda citaram que o consórcio entre esses dois fungos aumentou a taxa de degradação do antraceno para 56% após 23 dias de cultivo.

Jové *et al.* (2016) também relataram a capacidade do *Irpex lacteus* IJFM A792 e do *Pleurotus ostreatus* IJFM A579 em remover o antraceno, porém, a redução foi de 40% e 15%, respectivamente, após 61 dias de cultivo. Da mesma forma, estes autores ainda relataram a capacidade do fungo *Phanerochaete chrysosporium* IFKM A547 em remover o antraceno de cortiça contaminada. Pozdnyakova *et al.* (2018) notaram que o fungo *Stropharia rugosoannulata* DSM 11372 também degradou o antraceno, o fluoreno e o fenatreno devido a produção de enzimas lignolíticas como as lacases.

O basidiomiceto *Trametes* spp. também apresentou a capacidade de degradar os corantes: a) vermelho 40 em 96,04% com a espécie *T. versicolor* (JARAMILLO *et al.*, 2017); b) alaranjado G em 97% com o cultivo de *T. maxima* com o ascomiceto *Aspergillus niger* (LIRA-PÉREZ *et al.*, 2020); c) azul brilhante de remazol R em 92,3% com o isolado de *T. maxima* IIPLC-32 após 8h de cultivo (SUMAN *et al.*, 2021); d) azul de metileno em 92,3% com *Pleurotus eryngii* (VAN DER MAAS *et al.*, 2018); e) azul reativo 268 em 100% após 120h de cultivo por meio do *Trametes sp.*, por alterar a estrutura molecular do corante, além de reduzir a toxicidade do meio (ARAÚJO *et al.*, 2020).

O *T. versicolor* também foi capaz de degradar e/ou retirar do meio de cultivo por adsorção do poluente ao micélio das seguintes substâncias: ácido ferúlico, fipronil, diclofenaco, 1,4-dioxano, poli (4-estireno sulfonato de sódio), pentaclorobenzeno e lixívia negra (KRUEGER *et al.*, 2016; NAVADA e KULAL, 2021; PATIL e YADAV, 2018; SARI *et al.*, 2016; SARI *et al.*, 2019; STENHOLM *et al.*, 2019; WOLFAND *et al.*, 2016).

Daâsi *et al.* (2016) também relataram a capacidade dos fungos *Coriolopsis gálica* BS54, *Coriolopsis trogii* BS22, AD40 e CLBE55, *Phanerochaete chrysosporium* BS2, *Bjerkandera adusta* TM11 e 11B, *Ganoderma carnosum* BS34, *Trametes versicolor* A3 e *Gloeophyllum trabeum* CLBE15 em oxidar três corantes industriais, o azul brilhante de remazol R, o reactive black 5 e o azul turquesa.

O *Phanerochaete chrysosporium* foi capaz de utilizar o ácido ferúlico (250 mg L⁻¹) como fonte de carbono para seu crescimento e degradou completamente este em 28h por meio

das enzimas lacase e lignina peroxidase, enquanto manganês peroxidase estimulada devido a adição de manganês foi capaz de degradar resíduos lignocelulósicos (HUANG et al., 2017; PATIL e YADAV, 2018).

Carstens *et al.* (2020) relataram que os fungos *Stropharia rugosoannulata* e *Trichosporon porosum* JU-K-2 também removeram completamente o dibutilftalato (DBP) do meio com 14 dias de cultivo, sendo que a monooxigenase do citocromo P450 do *S. rugosoannulata* foi responsável pela oxidação inicial e remoção do DBP. Enquanto Krueger *et al.* (2020) destacaram a capacidade do fungo *S. rugosoannulata* DSM 11372 e dos fungos *Agrocybe aegerita* DSM 22459, *Corioloopsis polyzona* MUCL 38443, *Laetiporus sulphureus* DSM 11211, *Pleurotus ostreatus* DSM 1833 e do *T. versicolor* DSM 11269 de reduzir o 2,6-dimetoxibenzoquinona para sua hidroquinona correspondente em 60 minutos.

Os outros fungos cuja capacidade biorremediadora foi descrita foram: o *Anthracophyllum discolor* Sp4 CCCT 16.5 que degradou em 96% a atrazina em 30 dias de cultivo na biomistura de turva, palha de trigo e solo de cobertura numa proporção volumétrica de 1:2:1 (ELGUETA *et al.*, 2016), o *Ganoderma lucidum* GL-2 que degradou o lindano em 75,50% com 28 dias de cultivo (KAUR *et al.*, 2016) e a *Perenniporia tephropora* KU-Alk4 que reduziu a cor e a demanda química de oxigênio do efluente da fábrica de celulose em 83,2% e 81%, respectivamente, em três dias de cultivo, sendo detectado apenas a lacase (TEERAPATSAKUL e CHITRADON, 2016).

Os basidiomicetos *Phlebia acanthocystis* TMIC34875, *Phlebia tremellosa* TMIC30511 e *Phlebia aurea* TMIC33908 que foram capazes de tolerar o pentaclorofenol, provavelmente devido a ação das enzimas lipase e a monooxigenase do citocromo P450, responsáveis pela biotransformação do pentaclorofenol (XIAO e KONDO, 2020).

Em relação ao benzo(a)pireno (BaP), Souza *et al.* (2016) observaram que este hidrocarboneto induziu a produção de lacase e manganês peroxidase pelo fungo *Megasporoporia* sp. S47, o que resultou na degradação de 49,9% desse poluente após sete dias de cultivo. Da mesma forma, Andriani *et al.* (2016) notaram a capacidade do fungo *Bjerkandera adusta* SM46 em degradar o BaP em condições salinas.

De forma geral, apesar de ter sido encontrado diversos artigos que demonstraram a capacidade biorremediadora dos basidiomicetos, não foram encontrados documentos correlacionados com a ação biorremediadora de detergentes ou outros produtos domissanitários por esses fungos, bem como não foram encontradas citações para os fungos *Lentinula edodes* e do *Pleurotus ostreatoroseus* na degradação de poluentes.

4. CONCLUSÕES

Na pesquisa realizada pode constatar que a maioria dos trabalhos publicados na linha de pesquisa com biorremediação por basidiomicetos estão correlacionados com hidrocarbonetos, fenóis e corantes. Não foram encontrados documentos relacionados a ação de basidiomicetos na degradação de detergentes e produtos afins. Assim como, não foram encontradas citações sobre o potencial biorremediador de poluentes dos fungos *Lentinula edodes* e do *Pleurotus ostreatoroseus*. Desta forma, há necessidade de investir em pesquisas nestas áreas, pois o consumo de detergentes e outros produtos domissanitários cresce anualmente no mundo e contribui para poluição do solo e dos recursos hídrico, o que pode levar ao aumento da taxa de mortalidade de animais aquáticos e redução da disponibilidade de água para consumo humano/animal.

Outro aspecto importante a ser destacado é a necessidade de se avaliar o potencial biorremediador dos micro-organismos em condições de campo, vez que há inúmeros fatores que podem influenciar a eficiência na degradação do poluente e a maioria dos trabalhos vem sendo realizados em laboratório, em ambiente controlado.

REFERÊNCIAS

- [1] ABE, T. O.; LAJIDE, L.; OWOLABI, B. J.; ADEBAYO, A. O.; OGUNJOBI, J. K.; OLUWASINA, O. O. Synthesis and application of carboxymethyl cellulose from *Gliricidia sepium* and *Cola gigantea*. *BioResources*, Carolina do Norte, v. 13, n. 3, p. 6077-6097, jun. 2018.
- [2] ABIPLA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PRODUTOS DE HIGIENE, LIMPEZA E SANEANTES DE USO DOMÉSTICO E DE USO PROFISSIONAL. 15º Anuário: 2020. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abipla.org.br/anuario/>. Acesso em 08 mar. 2021.
- [3] ANDRADE, E. M. de; FERREIRA, K. C. D.; LOPES, F. B.; ARAÚJO, I. C. da S.; SILVA, A. G. R. da. Balance of nitrogen and phosphorus in a reservoir in the tropical semi-arid region. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 51, n. 1, e20196800, mar. 2020.
- [4] ANDRIANI, A.; TACHIBANA, S.; ITOH, K. Effects of saline-alkaline stress on benzo[a]pyrene biotransformation and ligninolytic enzyme expression by *Bjerkandera adusta* SM46. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Holanda, v. 32, n. 39, fev. 2016.
- [5] ANVISA, Resolução da Diretoria Colegiada nº180, de 3 de outubro de 2006. Determinação da biodegradabilidade de tensoativos aniônicos, 2006. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2006/rdc0180_03_10_2006.html>. Acesso em 12 dez. 2020.
- [6] ARAÚJO, C. A. V. de; CONTATO, A. G.; ARANHA, G. M.; MACIEL, G. M.; HAMINIUK, C. W. I.; INÁCIO, F. D.; RODRIGUES, J. H. da S.; PERALTA, R. M.; SOUZA, C. G. M. de. Biodiscoloration, Detoxification and Biosorption of Reactive Blue 268 by *Trametes* sp. M3: a Strategy for the Treatment of Textile Effluents. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 231, n. 7, jul. 2020.
- [7] ARAUJO, C. A. V. de; MACIEL, G. M.; RODRIGUES, E. A.; SILVA, L. L.; OLIVEIRA, R. F.; BRUGNARI, T.; PERALTA, R. M.; SOUZA, C. G. M. de. Simultaneous Removal of the Antimicrobial Activity and Toxicity of Sulfamethoxazole and Trimethoprim by White Rot Fungi. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 228, n. 9, ago. 2017.
- [8] BALLAMINUT, N.; COELHO, G. D.; MAIA, R. T.; VITALI, V. M. V.; MATHEUS, D. R. Descoloração in vitro e in silico de corante reativo pela lacase de fungo de Basidiomiceto. In: OLIVEIRA, L. A.; JESUS, M. A.; JACKISCH MATSUURA, A. B.; OLIVEIRA, J. G. S.; GASPAROTTO, L.; LIMA-NETO, R. G.; ROCHA, L. C. Conhecimento, conservação e uso de fungos. Manaus: INPA, 2019. p. 107-115.
- [9] BERGSTEN-TORRALBA, L. R.; ZAMITH, H. P. S.; CONDE, T. R.; AIUB, C. A. F.; FELZENSZWALB, I.; SILVA, M. da. Dye detoxification by *Lentinula edodes* INCQS 40220. *Revista Vigilância sanitária Em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 92-99, fev. 2016.
- [10] CAETANO, C. L.; NUNES, G. F. M.; VIEIRA, M. L. A. Determinação da biodegradabilidade de tensoativo aniônico presente em detergente lava-roupas líquido produzido na região metropolitana de Belo Horizonte. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 13., 2019, Uberlândia. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/4109/1ffd25d2a3bf1d5fad744a16451dd724a5e1.pdf>>. Acesso em 29 mar. 2021.
- [11] CARSTENS, L.; COWAN, A. R.; SEIWERT, B.; SCHLOSSER, D. Biotransformation of Phthalate Plasticizers and Bisphenol A by Marine-Derived, Freshwater, and Terrestrial Fungi. *Frontiers in Microbiology*, Lausanne, v. 11, n. 317, p. 1-21, fev. 2020.
- [12] DAÂSSI, D.; ZOUARI-MECHICHI, H.; BELBAHRI, L.; BARRIUSO, J.; MARTÍNEZ, M. J.; NASRI, M.; MECHICHI, T. Phylogenetic and metabolic diversity of Tunisian forest wood-degrading fungi: a wealth of novelties and opportunities for biotechnology. *3 Biotech*, Berlim, v. 6, n. 46, p. 1-16, jun. 2016.
- [13] DREVINSKAS, T.; MICKIENE, R.; MARUSKA, A.; STANKEVICIUS, M.; TISO, N.; MIKASAUSKAITE, J.;

- RAGAZINSKIENE, O.; LEVISAUSKAS, D.; BARTKUVIENE, V.; SNIESKIENE, V.; STANKEVICIENE, A.; POLCARO, C. GALLI, E.; DONATI, E.; TEKORIUS, T.; KORNYSOVA, O.; KASKONIENE, V. Downscaling the in vitro test of fungal bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: methodological approach. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Berlim, v. 408, n. 4, p. 1043-1053, fev. 2016.
- [14] ELGUETA, S.; SANTOS, C.; LIMA, N.; DIEZ, M. C. Immobilization of the white-rot fungus *Anthraco-phyllum discolor* to degrade the herbicide atrazine. *AMB Express*, Nova York, v. 6, n. 104, p. 1-11, nov. 2016.
- [15] GOLVEIA, J. C. S.; SANTIAGO, M. F.; SALES, P. T. F.; SARTORATTO, A.; PONEZI, A. N.; THOMAZ, D. V.; GIL, E. de S.; BARA, M. T. F. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) residue and its potential application in the bioremediation of 17-A-ethinylestradiol as a *Pycnoporus sanguineus* laccase inducer. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, Nova York, v. 48, n. 6, p. 541-548, jun. 2018.
- [16] HASSAN, A.; PERIATHAMBY, A.; AHMED, A.; INNOCENT, O.; HAMID, F. S. Effective bioremediation of heavy metal-contaminated landfill soil through bioaugmentation using consortia of fungi. *Journal of Soils and Sediments*, Berlim, v. 20, n. 1, p. 66-80, jan. 2020.
- [17] HUANG, C.; LAI, C.; ZENG, G.; HUANG, D.; XU, P.; ZHANG, C.; CHENG, M.; WAN, J. Manganese-enhanced degradation of lignocellulosic waste by *Phanerochaete chrysosporium*: evidence of enzyme activity and gene transcription. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Berlim, v. 101, n. 16, p. 6541-6549, jun. 2017.
- [18] JARAMILLO, A. C.; COBAS, M.; HORMAZA, A.; SANROMÁN, M. A. Degradation of Adsorbed Azo Dye by Solid-State Fermentation: Improvement of Culture Conditions, a Kinetic Study, and Rotating Drum Bioreactor Performance. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 228, n. 6, maio 2017.
- [19] JOVÉ, P.; OLIVELLA, M. À.; CAMARERO, S.; CAIXACH, J.; PLANAS, C.; CANO, L.; DE LAS HERAS, F. X. Fungal biodegradation of anthracene-polluted cork: A comparative study. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, Nova York, v. 51, n. 1, p. 70-77, jan. 2016.
- [20] KAUR, H.; KAPOOR, S.; KAUR, G. Application of ligninolytic potentials of a white-rot fungus *Ganoderma lucidum* for degradation of lindane. *Environmental Monitoring and Assessment*, Holanda, v. 188, n. 10, p. 588, out. 2016.
- [21] KRUEGER, M. C.; BERGMANN, M.; SCHLOSSER, D. Widespread ability of fungi to drive quinone redox cycling for biodegradation. *FEMS Microbiology Letters*, Inglaterra, v. 363, n. 11, p. fnw105, abr. 2016.
- [22] LACERDA, M. F. A. R.; LOPES, F. M.; SARTORATTO, A.; PONEZI, A. N.; THOMAZ, D. V.; SCHIMIDT, F.; SANTIAGO, M. F. Stability of immobilized laccase on *Luffa Cylindrica* fibers and assessment of synthetic hormone degradation. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, Nova York, v. 49, n. 1, p. 58-63, jan. 2019.
- [23] LINHARTOVÁ, L.; MICHALÍKOVÁ, K.; ŠRÉDLVÁ, K.; CAJTHAML, T. Biodegradability of Dental Care Antimicrobial Agents Chlorhexidine and Octenidine by Ligninolytic Fungi. *Molecules*, Basel, v. 25, n. 2, p. 400-414, jan. 2020.
- [24] LIRA-PÉREZ, J.; RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, R.; CHAN-CUPUL, W. Effect of fungal co-cultures on ligninolytic enzyme activities, H₂O₂ production, and orange G discoloration. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, Nova York, v. 50, n. 6, p. 607-618, jul. 2020.
- [25] LIU, X.; DENG, W.; YANG, Y. Characterization of a Novel Laccase LAC-Yang1 from White-Rot Fungus *Pleurotus ostreatus* Strain Yang1 with a Strong Ability to Degrade and Detoxify Chlorophenols. *Molecules*, Basel, v. 26, n. 2, p. 473-503, jan. 2021.
- [26] LOSA, G.; BINDSCHEDLER, S. Enhanced Tolerance to Cadmium in Bacterial-Fungal Co-Cultures as a Strategy for Metal Biorecovery from e-Waste. *Minerals*, Basel, v. 8, n. 4, p. 121-144, mar. 2018.
- [27] MACHADO, L. dos S.; SANTOS, L. G.; DOVAL, J. C. L.; POMPÊO, M. L. M. MOSCHINI-CARLOS, V. Fatores ambientais relacionados à ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório de Guarapiranga, SP, Brasil. *Revista Ambiental & Água*, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 810-818, out./dez. 2016.
- [28] MAYANS, B.; CAMACHO-ARÉVALO, R.; GARCÍA-DELGADO, C.; ALCÁNTARA, C.; NAGELE, N.; ANTÓN-HERRERO, R.; ESCOLÁSTICO, C.; EYMAR, E. Mycoremediation of Soils Polluted with Trichloroethylene: First Evidence of *Pleurotus* Genus Effectiveness. *Applied sciences*, Basel, v. 11, n. 4, p.

1354-1364, fev. 2021.

- [29] MENEZES, C. R. de; BARRETO, A. R. Biodegradação de carboximetilcelulose utilizando fungo *Pleurotus*: Produção de oligossacarídeos e açúcares fermentescíveis para a indústria de etanol. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 19, n. 21, p. 1303-1307, maio/ago. 2015.
- [30] MENEZES, G. dos S.; CARVALHO, T. A. de; ALMEIDA, W. dos S.; SUSSUCHI, E. M.; VIÉGAS, P. R. A.; MARINO, R. H. Bioremediation potential of filamentous fungi in methylene blue: Solid and liquid culture media. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.41, n.5, p.526-532, set. 2017.
- [31] MUNIR, E.; PRIYANI, N.; SURYANTO, D.; NAIMAH, Z. Using Biomass of Basidiomyceteous Fungi in Decolorization of Wastewater of Textile Industry. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, Índia, v. 11, n. 2, p. 669-675, jun. 2017.
- [32] NAVADA, K. K.; KULAL, A. Kinetic characterization of purified laccase from *Trametes hirsuta*: a study on laccase catalyzed biotransformation of 1,4-dioxane. *Biotechnology Letters*, Berlim, v. 43, n. 3, p. 613-626, mar. 2021.
- [33] NKPONDION, N. N.; UGWUMBA, O. A.; ESENOWO, I. K. The toxicity effect of detergent on enzymatic and protein activities of african mud catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, Estados Unidos, v. 6, n. 3, p. 1-5, mar. 2016.
- [34] PATIL, P. D.; YADAV, G. D. Comparative Studies of White-Rot Fungal Strains (*Trametes hirsuta* MTCC-1171 and *Phanerochaete chrysosporium* NCIM-1106) for Effective Degradation and Bioconversion of Ferulic Acid. *ACS Omega*, Washington, v. 3, n. 11, p. 14858-14868, nov. 2018.
- [35] PEDRI, Z. C.; LOZANO, L. M. S.; HERMANI, K. L.; PERALTA, R. M.; TAVARES, L. B. B. Influence of nitrogen sources on the enzymatic activity and grown by *Lentinula edodes* in biomass *Eucalyptus benthamii*. *Brazilian Journal Biological*, São Carlos, v. 75, n. 4, p. 940-947, nov. 2015.
- [36] PINI, A. K.; GEDDES, P. Fungi Are Capable of Mycoremediation of River Water Contaminated by *E. coli*. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 231, n. 83, fev. 2020.
- [37] PINTO, V. L. L. de S.; LOZANO, A. R. G.; SIQUEIRA, A. S. Estudos matemáticos em projetos interdisciplinares: o caso da fabricação de detergente. *ARETÉ*, Manaus, v.11, n. 23, p. 109-115, mar. 2018.
- [38] POZDNYAKOVA, N.; SCHLOSSER, D.; DUBROVSKAYA, E.; BALANDINA, S.; SIGIDA, E.; GRINEV, V.; TURKOVSKAYA, O. The degradative activity and adaptation potential of the litter-decomposing fungus *Stropharia rugosoannulata*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Holanda, v. 34, n. 9, ago. 2018.
- [39] SANTOS, E. C.; NUNES, E. S.; BULHÕES, T. S.; SANTIAGO, M. F. Degradação do repelente DEET pelas lacases do *Pleurotus ostreatus*. *REVISIA*, Valparaíso de Goiás, v. 8, n. 2, p. 160-169, maio 2019.
- [40] SARI, A. A.; HADIBARATA, T.; HANIFAH, U.; RANDY, A.; AMRIANI, F.; LOTULUNG, P. D. N.; YASIN, H.; SAEFUMILLAH, A.; ILYAS, M. Bioethanol Mill Wastewater Purification by Combination of Coagulation-Flocculation and Microbial Treatment of *Trametes versicolor* INACC F200. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 230, n. 9, ago. 2019.
- [41] SARI, A. A.; YASIN, H.; TACHIBANA, S.; HADIBARATA, T. Effects of Mediators for Ligninolytic Enzyme Production and Kinetic Studies on Degradation of Pentachlorobenzene by *Trametes versicolor* U80. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 227, n. 9, set. 2016.
- [42] SCHNEIDER, W. D. H.; FONTANA, R. C.; MENDONÇA, S.; SIQUEIRA, F. G. de; DILLON, A. J. P.; CAMASSOLA, M. High level production of laccases and peroxidases from the newly isolated white-rot basidiomycete *Marasmiellus palmivorus* VE111 in a stirred-tank bioreactor in response to different carbon and nitrogen sources. *Process Biochemistry*, Amsterdã, v. 69, p. 1-11, jun. 2018.
- [43] SOUZA, E. H. S.; NASCIMENTO, V. X.; OLIVAR, D. O.; ALMEIDA, J. M.; TEIXEIRA, L. W.; LUGOKENSKI, T. H. Estudo do alagadiço na UNIPAMPA campus Caçapava do Sul: Eutrofização e suas consequências no ambiente. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9. 2017, Santana do Livramento. Anais... Santa do Livramento: UNIPAMPA, 2017. p. 1-6.
- [44] SOUZA, H. M. de L.; SETTE, L. D.; MOTA, A. J. da; NETO NASCIMENTO, J. F. do; RODRIGUES, A.; OLIVEIRA, T. B. de; OLIVEIRA, F. M. de; OLIVEIRA, L. A. de; BARROSO, H. dos S.; ZANOTTO, S. P. Filamentous Fungi Isolates of Contaminated Sediment in the Amazon Region with the Potential for

Benzo(a)pyrene Degradation. *Water, Air, & Soil Pollution*, Berlim, v. 227, n. 431, p. 1-13, nov. 2016.

[45] SPINA, F.; TIGINI, V.; ROMAGNOLO, A.; VARESE, G. C. Bioremediation of Landfill Leachate with Fungi: Autochthonous vs. Allochthonous Strains. *Life*, Nova York, v. 8, n. 3, p. 27-41, jul. 2018.

[46] STENHOLM, Å.; HEDELAND, M.; ARVIDSSON, T.; PETTERSSON, C. E. Removal of diclofenac from a non-sterile aqueous system using *Trametes versicolor* with an emphasis on adsorption and biodegradation mechanisms. *Environmental Technology*, Reino Unido, v. 40, n. 19, p. 2460-2472, fev. 2019.

[47] SUMAN, S. K.; MALHOTRA, M.; KHICHI, S. S.; GHOSH, S.; JAIN, S. L. Optimization and kinetic modeling of *Trametes maxima* IPLC-32 laccase and application in recalcitrant dye decolorization. *New Journal of Chemistry*, Reino Unido, v. 45, n. 4, p. 2110-2121, fev. 2021.

[48] TEERAPATSAKUL, C.; CHITRADON, L. Physiological Regulation of an Alkaline-Resistant Laccase Produced by *Perenniporia tephropora* and Efficiency in Biotreatment of Pulp Mill Effluent. *Mycobiology*, Estados Unidos, v. 44, n. 4, p. 260-268, set. 2016.

[49] TISO, N.; MIKASAUŠKAITE, J.; STANKEVICIUS, M.; SNIESKIENE, V.; STANKEVICIENE, A.; POLCARO, C.; GALLI, E.; DONATI, E.; ZACCHINI, M.; LEVISAUSKAS, D.; TEKORIUS, T.; RAGAZINSKIENE, O.; DREVINSKAS, T.; BARTKUVIENE, V.; KORNYSOVA, O.; KASKONIENE, V.; MARUSKA, A. Isolation and identification of fungi tolerant to polycyclic aromatic hydrocarbons and coal tar from different habitats in Lithuania. *Toxicological & Environmental Chemistry*, Estados Unidos, v. 98, n. 1, p. 77-89, jan. 2016.

[50] VAN DER MAAS, A. S.; SILVA, N. J. R. da; COSTA, A. S. V. da; BARROS, A. R.; BOMFETI, C. A. The degradation of methylene blue dye by the strains of *Pleurotus* sp. with potential applications in bioremediation processes. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 13, n. 4, e2247, maio 2018.

[51] WANG, Y.; ZHANG, B.; CHEN, N.; WANG, C.; FENG, S.; XU, H. Combined bioremediation of soil co-contaminated with cadmium and endosulfan by *Pleurotus eryngii* and *Coprinus comatus*. *Journal of Soils and Sediments*, Berlim, v. 18, n. 6, p. 2136-2147, jun. 2018.

[52] WOLFAND, J. M.; LEFEVRE, G. H.; LUTHY, R. G. Metabolization and degradation kinetics of the urban-use pesticide fipronil by white rot fungus *Trametes versicolor*. *Environmental Science: Processes & Impacts*, Londres, v. 18, n. 10, p. 1256-1265, out. 2016.

[53] XIAO, P.; KONDO, R. Biodegradation and biotransformation of pentachlorophenol by wood-decaying white rot fungus *Phlebia acanthocystis* TMIC34875. *Journal of Wood Science*, Japão, v. 66, n. 2, p. 1-11, jan. 2020.

Autores

EZEQUIEL REDIN (ORGANIZADOR)

Curso Superior de Tecnologia em Agropecuária: Sistemas de Produção (UERGS) - CREA RS 160488; Bacharelado em Administração (ULBRA); Licenciatura plena para a Educação Profissional (UFSM); Licenciatura em Filosofia (UFSM); Licenciatura em Sociologia (Unip); Pós-graduação em Gestão Pública Municipal (UFSM); Pós-graduação em Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas à Educação (UFSM); Pós-graduação em Ensino de Sociologia no Ensino Médio (UFSM); Pós-graduação em Ensino de Filosofia no Ensino Médio (UFSM); Mestrado e Doutorado em Extensão Rural (PPGExR/UFSM); Editor da Revista Extensão Rural (UFSM). Atualmente é Professor do Departamento de Ensino do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Estudos Rurais (PPGER) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus Diamantina, MG. É avaliador credenciado do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASIS) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP/MEC.

ADRIANA COSTA FERREIRA

Acadêmica de Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

ALESSANDRA TROIAN

Doutora em Desenvolvimento Rural (UFRGS). Docente na Universidade Federal do Pampa. Santana do Livramento – RS, Brasil.

ALSÁCIA ATANÁSIO NHACUMBE

Médica Veterinária e Investigadora Coordenadora, formada pela Universidade Eduardo Mondlane em 1989. Doutorada em Ciências Veterinárias pela Universidade “Medical University of Southern Africa (MEDUNSA)”, Pretória, África do Sul, desde o Ano 2000. Pós-Doutorada em Biologia Molecular pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil, em 2018. É Directora do Centro Nacional de Biotecnologia e Biociências (CNBB), uma Instituição Pública de Investigação sob tutela do Ministro que superintende a área de Ciência e Tecnologia, desde o Ano 2015. Foi Directora Nacional de Desenvolvimento e Capacitação de Recursos Humanos para Ciência e Tecnologia de 2013 a 2015 no Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique. Foi Directora Executiva do Fundo Nacional de Investigação (FNI) de 2006 a 2013. Secretária Executiva do Conselho Técnico de Investigação Agrária (CTIA) de 2003 a 2005.- Foi Investigadora como Parasitologista de 1988 a 2002 no Instituto Nacional de Investigação Veterinária (INIVE). Consultora Nacional da UNCTAD (Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento) em 2012. Membro fundadora da Academia de Ciências de Moçambique desde 2009. Membro do Conselho Directivo da Ordem dos Veterinários de Moçambique (OMVM) desde 2014. Ela publicou vários artigos científicos de 1997 a 2019 e 1 Livro sobre Padrões e Especificidades do Cabrito de Tete em 2017. Participou em vários Eventos Científicos Nacionais e Internacionais ao longo de sua Carreira Profissional, tendo participado no último como Painelista ou Oradora. Prémios e Condecorações: - Em Março de 2020, foi lhe atribuída o Prémio “Cientista do Ano 2020”, na categoria de Ciências agrárias/Ciências Veterinárias, no concurso Internacional promovido pelo “International Achievements Research Center,”, com sede na Cidade Chicago, no Estado de Illinois, nos Estados Unidos da América.- Condecoração, em Setembro de 2020, com a Medalha Mérito da Ciência e Tecnologia

AMANDA DE JESUS FONSECA

Graduanda em Medicina Veterinária (Universidade Federal de Sergipe)

ANA FLÁVIA SANTOS DA CUNHA

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Tiradentes e mestrado em Biotecnologia Industrial (UT). Especialização em Análises Clínicas e Toxicológicas pela Universidade Estácio de Sá na unidade de Aracaju/SE.

ANDREIA MARIA DA SILVA

Zootecnista (UFERSA). Mestre em Ciência Animal (UFERSA). Doutora em Ciência Animal (UFERSA) com doutorado sanduíche no Instituto de Pesquisa Smithsonian - EUA.

BRUNA DA SILVA BRITO RIBEIRO

Acadêmica de Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA; Aluna do técnico em Agronegócio - SENAR. Membro do Grupo de Estudos em Tecnologia e Agricultura Digital (GETAD) da UFMA, Campus Chapadinha.

CARLOS AUGUSTO MACIEL SILVA

Técnico em Agropecuária, e atualmente estou cursando Engenharia Agrícola.

CARLOS FRANCISCO SITEO

Fez o curso medio de Tecnico de Laboratorio em 1984 no INIVE em Mocambique. E Tecnico no Laboratorio de Parasitologia da Direccao de Ciencias Animais do IIAM desde o ano de 1986. Em 2010 concluiu o Curso de Licenciatura em Agro-OPECUARIA pela Universidade Pedagogica de Maputo. Tem 4 artigos publicados em co-autoria com outros autores.

DAIANE FOSSATTI DALL'OGGIO

Possui graduação Bacharelado e Licenciatura em Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO (2003), mestrado em Química pela Universidade Federal do Paraná (2006) e doutorado em Química pela Universidade Federal do Piauí (2020). Seu doutorado foi pautado em estratégias de síntese de biodiesel a partir de óleo extraído da microalga *Scenedesmus sp.*, utilizando catalisadores heterogêneos ácidos. Atualmente é professora de Química do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão.

DAVID PATRICK ALMEIDA CORREIA

Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Sergipe, estagiário no Laboratório de Microscopia do Departamento de Engenharia Agrônômica e assessor da Easy Jr. soluções ambientais da Universidade Federal de Sergipe. Desenvolve pesquisas relacionadas com biotecnologia ambiental, fungos comestíveis, biofungicidas e produção de mudas.

DÉBORA ANDREA EVANGELISTA FAÇANHA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará, mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria - RS e Doutorado em Zootecnia, área de concentração e Produção Animal, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP. Cursou Pós Doutorado na Università Degli Studi di Firenze (UNIFI) - Itália, na área de Genética e Melhoramento animal, com ênfase em conservação de recursos genéticos e ferramentas genômicas seleção. Atualmente é docente do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). É vinculada ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal em nível de Mestrado e Doutorado, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa).

EDGAR RODRIGUES DE ARAUJO NETO

Bacharel em Ciências Biológicas, mestre em Produção Animal (UFERSA) e doutor em Ciência Animal (UFERSA).

EDUARDO SILVA DOS SANTOS

Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2007). Mestrado e Doutorado em Engenharia Agrícola (UFRPE). Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia de água e solo, atuando principalmente nos seguintes temas: sustentabilidade e aluvião.

HÉERICA GIRLANE TERTULINO DOMINGOS

Zootecnista (UFERSA), Mestre em Ciência Animal (UFERSA), com período sanduíche na Universidade Estadual Paulista (UNESP/SP). Doutora em Ciência Animal (UFERSA). Pós-Doutorado com projeto Rotas da Integração Nacional do Ministério de Desenvolvimento Regional. Assessora científica nas atividades de ensino e pesquisa na área de Bioclimatologia, no Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte - CETAPIS-RN e no Núcleo de Pesquisas Apícolas do Semiárido Nordeste.

IGOR VICTOR DE SANTANA-SANTOS

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Sergipe

ITAAN DE JESUS PASTOR SANTOS

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Maranhão (1982), mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (1999) e doutorado em Agronomia pela Universidade Técnica de Lisboa (2011). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual do Maranhão atuando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Socioespacial e Regional; também coordena o LABEX - Nucleo de Extensão e Desenvolvimento. Tem experiência em desenvolvimento rural com ênfase em diagnóstico e planejamento de agroecossistemas, atuando principalmente nos seguintes temas: territórios rurais, agroecologia, juventude rural e impactos ambientais das atividades veterinárias.

JÉSSICA SILVA SANTOS

Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Federal de Sergipe (2018), foi membro do Laboratório de Microscopia (Microbiologia e Fitopatologia) do departamento de Engenharia Agrônoma-UFS. Atuou como aluna voluntária de iniciação científica com foco em fungos micorrízicos arbusculares, e em extensão rural voltado para a prestação de assistência técnica a produtores rurais do estado de Sergipe. Possui mestrado em Microbiologia Agrícola-UFRB/EMBRAPA (2021), no qual trabalhou com microrganismos presentes nas culturas do Mandacaru (*Cereus jamacaru*) e Sisal (*Agave sisalana*), juntamente com a tecnologia de Sensoriamento Remoto. Atualmente é doutoranda em Agricultura e Biodiversidade - PPGAGRI-UFS e faz parte do Laboratório de Enzimologia-UFS.

JOAB MAGALHÃES QUIRINO

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão(2020)

JOHNY DE JESUS MENDONÇA

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus de São Cristóvão - SE. Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus de Recife-PE. Atualmente doutorando em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Porto Alegre - RS onde realiza pesquisas na área de Microbiologia do solo e Manejo do solo.

KÁTIA PERES GRAMACHO

Bacharel em Ciências Biológicas, mestre e doutora em Ciências (área de concentração entomologia) pela FFCLRP-USP e doutorado Sanduíche em Universität Hohenheim-Stuttgart (Alemanha). Realizou pós-doutorado na área de neuroetologia do comportamento de abelhas na University of Minnesota. Atualmente é professora da UFERSA.

LEANDRO ALVES DA SILVA

Zootecnista (UFERSA), mestre em Produção Animal (UFERSA), doutorando em Ciência Animal (UFERSA).

LEONARDO CARVALHO GOES

Graduação em Medicina Veterinária (Faculdade Pio Décimo)

LEONEL BISMARCK BELO PEREIRA

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Sergipe.

LEOSVÂNIO DE JESUS COSTA RAMOS

Graduado em Engenharia Agrícola pelo Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (CCAA/UFMA) (2021). Tive a oportunidade de estagiar no setor de mecanização e máquinas agrícolas do Instituto Federal do Maranhão - Campus São Luís Maracanã. Durante minha graduação, fui aprovado no processo seletivo para monitor na disciplina de motores e tratores e tratores. Fui bolsista de iniciação científica (PIBIC-UFMA), tendo como resultados publicações em capítulos de livros e participações em eventos. Possuo curso Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão (IFMA) - Campus São Luís Maracanã (2015). Realizando no próprio Campus o estágio obrigatório no setor de bovinocultura. Tive a oportunidade de estagiar na empresa Pró-Raça Rações - Distribuidora. Assumindo o cargo de vendedor. Atuei temporariamente como Técnico Agrícola na Fazenda Novo Horizonte no município de Santa Maria das Barreiras, Pará. Atualmente estou cursando de remota o 1º período do curso Técnico em Meio Ambiente no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão (IFMA) - Campus São Luís Maracanã/Polo Pedro do Rosário.

LUCAS DA SILVA MORAIS

Bacharel em Ciências Biológicas, mestre em Produção Animal (UFERSA), e doutor em Ciência Animal (UFERSA).

MICHELE SANTOS DE JESUS

Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe

MIRELLY MERES SILVA SOUZA

Graduanda Engenharia Agrícola (UFMA) Pesquisadora do Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LAGES-UFMA) Monitora em Avaliação de Impactos Ambientais (UFMA) Ex - Coordenadora Adjunta Financeira do Crea Jr MA - Núcleo Chapadinha.

MITALI DAIAN ALVES MACIEL

Doutoranda em Desenvolvimento Econômico (IE/UNICAMP). Campinas – SP, Brasil.

NAILTON OLIVEIRA DE SOUSA CHAGAS

Graduado em Agronomia pela UFERSA e mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Produção Animal (UFERSA).

OSMAR LUIS SILVA VASCONCELOS

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) com registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Maranhão (CREA-MA), possui especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono (UFPR), especialização em Solos e Nutrição de Plantas (USP/Esalq), Aperfeiçoamento em Fertilidade e Nutrição de Plantas (UFPR), habilitação técnica em Administração (IFSULDEMINAS), Logística (IFMA) e Agroindústria (IFMA), participante de projetos de Iniciação Científica, Extensão e Desenvolvimento Tecnológico. Atua nas áreas de obtenção de novos materiais, Meio Ambiente e Ciência e Tecnologia de Alimentos. Participou do grupo de pesquisa Laboratório de Extensão Rural - produção vegetal (UEMA) e atualmente participa dos grupos: L3MA - Laboratório de Engenharia de Materiais, Manutenção e Meio ambiente (Universidade Federal Fluminense) e Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Agroecologia, Educação Ambiental e Química (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão). Foi técnico de campo e gerencial da cadeia produtiva de hortifruticultura em 26 propriedades pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR-MA); e Instrutor e capacitador na Slz cursos e capacitação EIRELI, credenciado ao Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE/MA). Quando solicitado, atua como perito e avaliador de imóveis rurais.

PEDRO RABELO DE OLIVEIRA

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Sergipe, pesquisador voluntário do Laboratório de Microscopia - Departamento Engenharia Agrônômica, São Cristóvão - Sergipe

PLINIO ANTONIO GUERRA FILHO

Graduado em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (2009). Mestre em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq/USP (2012). Doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq/USP (2016). Atualmente é Professor Adjunto e Coordenador de Estágio Supervisionado do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, Campus Chapadinha. Tem experiência nas áreas de hidrologia, geotecnologias, recursos florestais e qualidade de água na agricultura.

PRYANKA THUYRA NASCIMENTO FONTES

Graduação em Engenharia Agrônômica (Universidade Federal de Sergipe), Mestrado em Zootecnia (Universidade Federal de Sergipe), Doutoranda em Agricultura e Biodiversidade (Universidade Federal de Sergipe)

REGINA HELENA MARINO

Doutora e mestre em Biotecnologia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Araraquara e graduação em Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da UNESP - Campus Botucatu-SP. Atualmente é professora associada IV do Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) onde desenvolve pesquisas com biotecnologia agrícola e ambiental.

THIAGO DA SILVA FLORÊNCIO

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Maranhão, Pós-Graduação Lato Sensu em Informática na Educação - em andamento. Técnico em Logística ofertado pelo IFMA - Campus São João do Patos na modalidade EAD, e também estou cursando Técnico em Fruticultura - SENAR, Polo Colinas na modalidade EAD, já participei de atividades relacionadas ao

reflorestamento e recuperação de áreas degradadas visando a do preservação do Meio Ambiente atividades Supervisionadas pela Superintendência de Economia Verde -SEV -Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais -SEMA. Formação Técnica em Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal do Maranhão - campus Maracanã, com registro no conselho de classe CFTA ativo, com experiência de vivencia no campo desenvolvendo diversas atividades, como acompanhamentos, na parte de fitossanidade de doenças em hortaliças e Fruteiras e viveiros, pratica na identificação elaboração de receituários e no controle de pragas e doenças em plantas. Formação Técnica em Técnico em Serviços Públicos pelo Instituto Federal do Maranhão- campus Monte Castelo com experiência no setor Público como: Universidade Estadual do Maranhão- UEMA e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) onde estagiei na Superintendência de Recursos Florestais - SRF - SEMA. Aprimorei os Conhecimentos com ferramenta QGIS na criação de banco de dados e elaboração de mapas temáticos. Estágio obrigatório realizado na Agencia Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão, contribuindo nas atividades desenvolvidas no escritório de Alto Alegre do Maranhão e no campo no período de campanha da vacinação e em capacitações como Oficina de vacinação e II TRENAMENTO PARA OPERADORES DO SIGAMA.

TUANNY DANIELE DE ARAUJO GOMES

Zootecnista e Licenciada em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Produção Animal (UFERSA).

URIAS FAGNER SANTOS NASCIMENTO

Graduação em Medicina Veterinária (Faculdade Pio Décimo), Mestrado em Zootecnia (Universidade Federal de Sergipe), Doutorando em Medicina Veterinária (Universidade Federal Rural de Pernambuco).

WESLLA FERNANDA DOS SANTOS AGUIAR

Graduanda em Medicina Veterinária (Universidade Federal de Sergipe)

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

